

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Ústav pro životní prostředí



**Bc. Jaroslav Kukla**

# **HODNOCENÍ VLIVU NÁVŠTĚVNOSTI NA VYBRANÉ JESKYNĚ S VYUŽITÍM GIS**

**ASSESSING THE IMPACT OF ATTENDANCE ON THE SELECTED  
CAVES USING GIS**

Diplomová práce

Školitel: Ing. Luboš Matějček, Dr.

Praha, 2013

Prohlašuji, že jsem svou práci napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 15. 8. 2013

Bc. Jaroslav Kukla

## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval všem osobám, které mě v mé práci podporovaly a pomáhaly. Jmenovitě pak panu Mgr. Michalu Holcovi, Ph.D., a panu Ing. Josefu Tröglvi, Ph.D., za umožnění provedení analýzy půdy na svém pracovišti, panu RNDr. Martinu Čihařovi CSc. a panu Dr. Norbertu Marwanovi za věcné připomínky při sestavování dotazníku a pomoc s překladem. V neposlední řadě děkuji mému školiteli panu Ing. Luboši Matějčíčkovi Dr. za vstřícný a laskavý přístup při vedení mé diplomové práce.

Mapové podklady byly poskytnuty Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním a Správou Národního parku České Švýcarsko.

## **Abstrakt**

Jeskyně představují cenné lokality z geologického, paleontologického i biologického hlediska. Jsou významnými biotopy vzácných a ohrožených druhů. Jejich ekosystém bývá zcela specifický a často velice nezávislý na okolním prostředí. Proto jsou jeskyně již od počátků přírodních věd předmětem výzkumů a postupně také předmětem ochrany. Jeskyně mohou být rovněž velice atraktivními cíli cestovního ruchu. V České republice existuje 14 veřejnosti zpřístupněných krasových jeskyní, které mají regulovanou návštěvnost, a jejich provoz je podřízen zájmům ochrany přírody. Na druhou stranu existuje také celá řada jeskyní, které nejsou nikterak zabezpečeny a mohou se stát cílem neregulovaného turismu.

Tato diplomová práce pojednává o hodnocení a vlivu návštěvnosti na nekrasové jeskyně v Národní přírodní rezervaci Kaňon Labe, které jsou volně přístupné. Práci jsem rozdělil do tří dílčích částí. V první části jsem se zabýval kvantifikací návštěvnosti všech jeskyní v zájmovém území. Na základě získaných dat jsem provedl užší výběr jeskyní, kterým jsem se později věnoval podrobněji. V druhé části práce jsem se zaměřil na získání informací o návštěvnících a jejich motivacích pomocí anketního šetření provedeného ve vybraných jeskyních. Ve třetí části jsem se pokusil analyzovat dopady návštěvnosti na prostředí jeskyně a sestavit pořadí jeskyní z hlediska zranitelnosti vybraných druhů. Při zjišťování dopadů jsem také posuzoval vliv návštěvnosti na jeskynní mikrobiální společenstvo na základě analýzy fosfolipidových mastných kyselin (PLFA). V programu ArcGIS 10 jsem následně vytvořil plány jeskyní a provedl zpracování získaných dat do mapových podkladů.

Z analýzy návštěvnosti je patrné, že nejvíce navštěvovanými jeskyněmi na území zájmu jsou Loupežnická jeskyně a Jeskyně přátelství, které jsou rovněž oblíbeným cílem komerční speleoturistiky. Podíl návštěvnosti v období hibernace letounů dosahuje 50 % celkové návštěvnosti, což je problematický fakt ve vztahu k ochraně přírody. Z provedeného anketního šetření rovněž vyplývá, že motivace respondentů odpovídají převážně zážitkové a adrenalinové formě cestovního ruchu. Také se projevuje vliv příhraničního charakteru lokality, jelikož analýza návštěvnosti poukazuje na fakt, že převážná část návštěvníků jeskyní pochází ze Spolkové republiky Německo.

Výsledky analýzy PLFA potvrzují signifikantní rozdíly mezi návštěvností ovlivněnou a neovlivněnou půdou, zejména v bakteriích. Velká variabilita mezi jednotlivými místy naznačuje, že mikrobiální společenstvo je také ovlivňováno řadou dalších faktorů, které nemusejí souviset s návštěvností jeskyně.

**Klíčová slova:** jeskyně, speleoturistika, návštěvnost, pseudokras, GIS, PLFA

## **Abstract**

Caves are valuable sites from geological, palaeontological and biological point of view. They are important biotopes of rare and endangered species. Their ecosystem is quite specific and often very independent on environment. Therefore, the caves since the beginning of science have been the subject of research, and gradually also the subject of protection. Caves can also be very attractive objects of interest of tourism. In the Czech Republic there are 14 open to the public karst caves that have regulated attendance, and their access time is subordinated to the interests of nature conservation. On the other hand, there are also a number of caves that are not secured in any way and may be a target of unregulated tourism.

This dissertation discusses the evaluation and the impact of attendance on non-karst caves in the National Nature Reserve Canyon Labe, which are freely accessible. I divided the work into three parts. In the first part I dealt with quantifying the attendance of all caves in the area of interest. On the basis of collected data, I made a selection of caves, which I later focused on. In the second part of my work I focused on obtaining information about the visitors and their motivations using public inquiry survey in selected caves. In the third part I tried to analyze the impact of attendance on the cave environment and compile a list of caves in terms of the vulnerability of selected species. In determining the impact I also considered the impact of attendance on the cave microbial communities based on analysis of phospholipid fatty acids (PLFA). Then in a program ArcGIS 10 I created plans of the caves and I processed the acquired data into maps.

An analysis of the attendance shows that the most visited caves in the area are Loupežnická Cave and The Cave of Friendship, which are also popular with commercial speleotourism. The proportion of visits during hibernation of bats reaches 50 % of the total attendance, which is really problematic in relation to the protection of nature. The survey of public inquiry also shows that the motivation of respondents corresponds mainly to adventurous and extreme forms of tourism. As well as the influence of the frontier nature of the site becomes evident according to the attendance analysis which points to the fact that the majority of visitors to the caves comes from the Federal Republic of Germany.

Sorting caves in the area of interest based on the calculation of the theoretical vulnerability suggests that in some caves with regionally significant amount of attendance may be more likely to collide with the conservation of significant species. The results of PLFA analysis confirmed significant differences between soil affected and unaffected by attendance, especially in bacteria. Large variability among the locations suggests that microbial communities are also influenced by a number of other factors that may not be related to the attendance of the cave.

**Key words:** cave, speleotourism, attendance, pseudokarst, GIS, PLFA

# Obsah

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod</b>                                            | <b>8</b>  |
| 1.1      | Výběr tématu                                           | 8         |
| 1.2      | Použití GIS ve speleologii a hodnocení jeskyní         | 8         |
| 1.3      | Jeskyně a jejich ochrana                               | 9         |
| 1.4      | Fenomén návštěvnosti jeskyní v ČR                      | 9         |
| 1.5      | Speleoturistika a její vliv na prostředí jeskyně       | 10        |
| 1.5.1    | Vliv na biotu jeskyní                                  | 11        |
| 1.6      | Charakteristika zájmového území                        | 14        |
| 1.6.1    | Ochrana přírody v zájmovém území                       | 14        |
| 1.6.2    | NPR Kaňon Labe                                         | 14        |
| 1.7      | Jeskyně v zájmovém území                               | 15        |
| 1.7.1    | Geologický vývoj pseudokrasových jeskyní               | 15        |
| 1.7.2    | Jeskynní fauna v zájmovém území                        | 17        |
| 1.7.3    | Historie objevování a průzkumu jeskyní                 | 18        |
| 1.7.4    | Historický vývoj návštěvnosti jeskyní                  | 20        |
| 1.8      | Legislativa                                            | 22        |
| 1.8.1    | Obecná legislativa                                     | 22        |
| 1.8.2    | Legislativa specifická pro zájmové území               | 23        |
| <b>2</b> | <b>Cíle a hypotézy diplomové práce</b>                 | <b>24</b> |
| 2.1      | Cíle diplomové práce                                   | 24        |
| 2.2      | Hypotézy                                               | 24        |
| <b>3</b> | <b>Metodika</b>                                        | <b>25</b> |
| 3.1      | Geografické zaměření jeskyní a použité mapové podklady | 25        |
| 3.2      | Výběr jeskyní pro podrobnější analýzu                  | 25        |
| 3.2.1    | Popis vybraných jeskyní                                | 26        |
| 3.3      | Kvantifikace návštěvnosti jeskyní                      | 27        |
| 3.4      | Anketní šetření                                        | 28        |
| 3.5      | Analýza PLFA                                           | 28        |
| 3.5.1    | Postup laboratorní práce                               | 29        |
| 3.5.2    | Nomenklatura mastných kyselin                          | 30        |
| 3.5.3    | Identifikace                                           | 31        |
| 3.5.4    | Použité statistické metody                             | 31        |
| 3.6      | Analýza zranitelnosti                                  | 32        |
| 3.6.1    | Monitoring ochrany významných druhů                    | 32        |
| 3.6.2    | Zhodnocení rizikových míst jeskyně                     | 32        |

|          |                                              |           |
|----------|----------------------------------------------|-----------|
| 3.7      | Zhodnocení antropogenních zásahů .....       | 33        |
| 3.7.1    | Analýza odpadu .....                         | 33        |
| 3.7.2    | Zhodnocení ostatních zásahů .....            | 34        |
| <b>4</b> | <b>Výsledky .....</b>                        | <b>35</b> |
| 4.1      | Kvantifikace návštěvnosti jeskyní .....      | 35        |
| 4.2      | Výsledky anketního šetření .....             | 36        |
| 4.3      | Výsledky analýzy PLFA .....                  | 42        |
| 4.4      | Analýza zranitelnosti .....                  | 46        |
| 4.4.1    | Monitoring ochranných významných druhů ..... | 46        |
| 4.4.2    | Tabulka zranitelnosti .....                  | 47        |
| 4.5      | Zhodnocení antropogenních zásahů .....       | 48        |
| 4.5.1    | Analýza odpadu .....                         | 48        |
| 4.5.2    | Zhodnocení ostatních zásahů .....            | 48        |
| <b>5</b> | <b>Diskuze .....</b>                         | <b>51</b> |
| 5.1      | Kvantifikace návštěvnosti jeskyní .....      | 51        |
| 5.2      | Anketní šetření .....                        | 51        |
| 5.3      | Analýza PLFA .....                           | 53        |
| 5.4      | Analýza zranitelnosti .....                  | 55        |
| 5.5      | Zhodnocení antropogenních zásahů .....       | 56        |
| <b>6</b> | <b>Závěr .....</b>                           | <b>58</b> |
| 6.1      | Návrh opatření .....                         | 58        |
| <b>7</b> | <b>Slovník použitých zkratk .....</b>        | <b>60</b> |
| <b>8</b> | <b>Seznam použité literatury .....</b>       | <b>61</b> |
| <b>9</b> | <b>Přílohy .....</b>                         | <b>69</b> |

# 1 Úvod

## 1.1 Výběr tématu

Téma hodnocení návštěvnosti jeskyní jsem si vybral proto, abych se pokusil zhodnotit poměrně málo prozkoumanou problematiku vlivu neregulované návštěvnosti na jeskynní prostředí. Zejména pak jeskyně s volným přístupem, bez regulace návštěvnosti navozují otázku, jakým způsobem bychom měli přistupovat k jejich ochraně. Zda turismus může mít na jeskynní prostředí zásadně negativní vliv, zda jsou legislativní opatření dostatečná a správně definovaná.

Zároveň jsem také chtěl touto prací upozornit na skutečnost, že takovéto atraktivní turistické cíle, kterými jeskyně bezesporu jsou, mohou mít nezanedbatelný podíl na celkové návštěvnosti ZCHÚ. Tento fakt bývá často opomíjen, jelikož se nejedná o zcela standardní formu turismu. V posledních letech se také objevuje fenomén komerční zážitkové turistiky, v jehož důsledku může dojít k rapidnímu zvýšení návštěvnosti některých jeskyní. Tímto trendem jsem se ve své práci také zabýval.

Jako zájmové území jsem si zvolil nekrasové jeskyně nacházející se v NPR Kaňon Labe. Tyto jeskyně bývají oblíbeným cílem amatérských speleologů již desítky let. Tradice speleologie je v této oblasti dlouhodobě zakořeněna a návštěvnost jeskyní zde nikdy nebyla výrazněji regulována.

Data získaná během mého výzkumu jsem se pokusil co nejpřehledněji zhodnotit a vizualizovat s použitím nástrojů GIS.

## 1.2 Použití GIS ve speleologii a hodnocení jeskyní

Nástroje GIS se uplatňují v mnoha odvětvích přírodních věd. Výjimku netvoří ani speleologie a hodnocení vnitřního prostředí jeskyní. Zejména u rozsáhlých jeskynních systémů poskytuje GIS vhodné nástroje pro analýzu průběhu jeskyně pod povrchem okolního terénu nebo analýzu kontaminace jeskynního prostředí. Také lze pomocí softwarových nástrojů GIS vytvářet podrobné mapy jeskyní v libovolném měřítku a s odpovídající geografickou orientací a navrhovat jejich management (esri.com 2007). Pomocí GIS lze dobře provádět vizualizace změn v jeskyni způsobených například vlivem návštěvnosti nebo využít GIS k znázornění problematiky pomocí kartogramů (Bodenhamer



1995; Hale 2007).

### ***1.3 Jeskyně a jejich ochrana***

Jeskyně jsou jako geomorfologické objekty poznávány a využívány prakticky od chvíle, kdy byly člověkem objeveny. Jeskyně člověku poskytovaly především úkryt. Obývané byly obvykle pouze vstupní pasáže a dále do vnitřních prostor se lidé vydávali jen ojedinelé. O podrobnějším výzkumu a průzkumu jeskyní lze hovořit spíše až od 19. století. Avšak s počátečním zájmem o hlubší partie jeskyní, lze také bohužel hovořit o prvních negativních dopadech lidské činnosti na jejich interiér (Hromas 2009).

S postupem času se však jeskyně dostaly také do popředí zájmu badatelů, kteří si rychle uvědomili jejich vědecký význam. Postupně se také začaly objevovat snahy o ustanovení prvních pravidel pro ochranu jeskyní. Již v roce 1882 se objevuje ve Sloupských jeskyních v Moravském krasu formulace pravidel, kterou lze považovat za první jeskynní návštěvní řád v českých zemích, který se snažil eliminovat nevhodné chování návštěvníků (Hromas 2009).

V první polovině 20. století, s rozvojem vyhlášení chráněných území, bylo docíleno plošné ochrany území s výskytem jeskyní. V roce 1933 vznikají přírodní rezervace zahrnující jak některé krasové jeskyně v Moravském krasu, tak i nekrasové jeskyně v Broumovské vrchovině a Českém ráji. Ale až zákon č. 40/1956 Sb., o státní ochraně přírody podtrhl mimořádný význam jeskyní. Následně byla také mnohá další krasová i pseudokrasová území zahrnuta do velkoplošných chráněných území. Přísnější ochranu pak zákon poskytl některým vybraným jeskyním, které byly zahrnuty do kategorie státní přírodní rezervace nebo do kategorie chráněný přírodní výtvar (Hromas 2009). Význam jeskyní ještě více zdůraznil zákon 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, kde je ochraně jeskyní věnován § 10.

Eliminace možného negativního vlivu návštěvnosti na prostředí jeskyní je řešena návštěvním řádem veřejně zpřístupněných jeskyní, který je formulován s přihlédnutím k aktuálním vědeckým poznatkům (Hromas 2009).

### ***1.4 Fenomén návštěvnosti jeskyní v ČR***

První turistické návštěvy jeskyní a následně jejich postupné zpřístupňování má v ČR počátky již v 17. století, kdy byly s oblibou navštěvovány některé jeskyně Moravského

krasu. Rozvoj speleoturistiky potom přichází s obdobím romantismu, zejména v druhé polovině 18. století. S tímto nárůstem návštěvnosti jsou také spojeny první větší zásahy do interiérů jeskyní, které měly za cíl usnadnit návštěvníkům přístup i do vzdálenějších, obtížněji dosažitelných prostor. Jistou zajímavostí je i první elektrické osvětlení jeskyně, které bylo instalováno roku 1881 ve Sloupsko-šošůvských jeskyních pomocí obloukových lamp Ing. Křížíka. Jednalo se o vůbec první elektrické osvětlení jeskyní ve střední Evropě (Hromas 2009).

S nástupem 20. stoletím přichází další vlna zájmu o jeskyně. Jejich význam je stále více oceňován i po přírodovědné stránce. Obce si uvědomují ekonomický přínos jeskyní, coby významného cíle cestovního ruchu. Nemalé úsilí se tak věnuje objevování nových jeskyní a následné snahy tyto jeskyně zpřístupňovat veřejnosti. Snaha o zpřístupňování jeskyní za každou cenu vedla často ke drastickým zásahům, které měly za příčinu změny hydrologických a klimatických podmínek v jeskyni (Hromas 2009).

Správa zpřístupněných jeskyní zpočátku nebyla jednotná. Jeskyně byly spravovány větším množstvím různých organizací. Až v roce 1990 byly tyto organizace sloučeny a správně spadaly pod Český ústav pro ochranu přírody, který byl později reorganizovaného na Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR. V roce 2006 vznikla Správa jeskyní ČR, která spravuje všech 14 zpřístupněných jeskyní v ČR a zároveň zajišťuje jejich ochranu, výzkum a dokumentaci (Hromas 2009).

### ***1.5 Speleoturistika a její vliv na prostředí jeskyně***

Cestovní ruch lze definovat jako komplexní společenský jev, zahrnující aktivity osob cestujících do míst mimo jejich obvyklé prostředí nebo pobývajících v těchto místech méně než jeden rok za účelem trávení volného času, podnikání či jiným účelem. V širším pojetí je cestovní ruch komplexní proces, který zahrnuje nejen jeho účastníky, ale také poskytovatele služeb, destinace ve kterých je cestovní ruch realizován a tranzitní destinace. Za destinace je pak považován cíl cesty nebo místo navštívené (Pásková a Zelenka 2002).

Motivace pro účastníky cestovního ruchu pro cestu do neobvyklých destinací, kterými mohou být i jeskyně, spočívá především v touze poznání odlišného prostředí a prožití nevšedních zážitků. Tyto potřeby vycházejí jednak ze společenského vývoje, ale také z technologických inovací, které umožňují přístup na dříve obtížně dostupná místa. Hlavní hnací silou je pak touha po poznání a vzrušení, nikoli oddech (Pásková 2009).

Forma cestovního ruchu spojená s prohlídkou a objevováním jeskynních prostor se

nazývá speleoturistika. Součástí speleoturistiky bývají i horolezecké aktivity například slaňování. Tyto aktivity lze považovat za formu adrenalinového cestovního ruchu. Účastníci jsou obvykle motivováni vyhledáváním vzrušujících zážitků odlišných od všedního života (Pásková a Zelenka 2002).

Nežádoucí dopady cestovního ruchu na destinace, jakými jsou jeskyně, se mohou vážně projevit pokud dojde k překročení únosné kapacity prostředí. Únosná kapacita je definována jako maximální zatížení daného území antropogenními vlivy bez snížení kvality životního prostředí a ekosystémů (Pásková a Zelenka 2002). U jeskyní veřejně přístupných je návštěvnost záměrně regulována, aby k překročení únosné kapacity prostředí nedocházelo. Jiný stav je u jeskyní veřejně nepřístupných, kde jedinou regulací obvykle bývá fyzická uzávěra vstupu a legislativní opatření.

Ukazatel únosné kapacity jeskyně se stává důležitým nástrojem managementu již zpřístupněných jeskyní, stejně tak jako nástroj pro predikci vlivu návštěvnosti na zamýšlené projekty cestovního ruchu (Freitas 2010; Cigna 2002). Prakticky ve všech případech je řešena problematika vlivu návštěvnosti na jeskyně krasové. U krasových jeskyní je hlavním předmětem ochrany jejich výzdoba, která může být chemicky nepříznivě ovlivněna např. změnami koncentrace  $\text{CO}_2$  zapříčiněnými nadměrným pobytem osob v jeskyni. Dalšími faktory, sledovanými ve vztahu k problematice ochrany jeskyně a návštěvnosti, jsou kromě koncentrace  $\text{CO}_2$  také teplota, vlhkost nebo koncentrace radonu v jeskyni (Cigna 2002). Únosná kapacita je pak stanovena jako maximální množství návštěvníků, které ještě výrazněji neovlivňuje vnitřní přirozené prostředí jeskyně. Jelikož je každá jeskyně svým způsobem výjimečná, stanovuje se tato kapacita pro každou jeskyni zvlášť, obvykle na základě předešlých zkušebních měření (Lobo et al. 2011).

U jeskyní nekrasových nelze brát takový zřetel na vliv návštěvnosti na jeskynní výzdobu, která zde chybí. Z hlediska vlivu na geologické prostředí jeskyně lze hodnotit pouze výraznější poškozování a zásahy do interiéru. U nekrasových jeskyní je důležité tyto prostory chápat spíše jako významná a svým způsobem výjimečná přírodní stanoviště (Mlejnek a Ouhrabka 2008).

### **1.5.1 Vliv na biotu jeskyní**

Návštěvnost jeskyní může znamenat přímý dopad na biotu obývající tyto prostory vlivem fyzické disturbance nebo dopad nepřímý zapříčiněný vlivem světla, změnou teploty, ale také produkcí emisí spojených s pobytem návštěvníků v jeskyni. Mezi emise

škodlivé pro biotu lze také považovat např. cigaretový kouř, který má insekticidní účinky (Howarth a Stone 1982).

Návštěvnost ovlivňuje nejen obratlovce a bezobratlí. Mezi organismy, které mohou citlivě reagovat na změny prostředí patří i rozsáhlá mikrobiální společenstva. Zejména v krasových jeskyních může změna v mikrobiálním společenstvu zapříčinit zásadní změny v geologickém prostředí jeskyně a může docházet i k degradaci krasové výzdoby (Northup a Lavoie 2001). V jiných případech se může jednat zejména o narušení původního mikrobiálního společenstva a případně i možné šíření patogenů do vzdálenějších částí jeskyně (Jurado et al. 2010).

Vliv návštěvnosti na bezobratlé živočichy v jeskyni může mít také poměrně negativní dopady. Krom již zmíněných emisí, může být závažným problémem narušení mikrostanišť některých druhů bezobratlých vlivem sešlapávání a zhutňování jeskynního substrátu a sutí (Howarth 1981; Elliott 2000).

Jeskyně a podzemní prostory rovněž představují důležitá stanoviště a úkryty pro letouny, a to zejména v období zimní hibernace. Každá jeskyně má jistá klimatická specifika, která jsou klíčová pro její výběr netopýry a vrápenci. Netopýři během zimování obvykle vyhledávají jeskyně, jejichž klima umožňuje absolvovat hibernaci s co nejmenšími energetickými ztrátami. Klima nesmí být příliš chladné, aby bylo možno zachovat základní funkce metabolismu, ale ani příliš teplé, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám energie v důsledku přílišné aktivace klidového metabolismu (Horáček 1986). Probuzení z hibernace je pro netopýra značně energeticky náročné a může mít pro jeho organismus fatální následky (Thomas et al. 1990). Proto hlavním faktorem ohrožujícím netopýry v jeskyních, je jejich rušení během období hibernace. Netopýři jsou schopni snášet drobné rušení v období rozmnožování i zimování a dokážou si zvyknout i na určitou intenzitu lidské činnosti, avšak rozsáhlejší rušení může způsobovat zvýšenou mortalitu, snížení tělesné kondice nebo úplné opuštění lokality. Problematický je zejména neřízený a neregulovaný turismus, který v poslední době souvisí s rozvojem outdoorových center a aktivit. Laická veřejnost provozující takovéto aktivity není většinou o těchto skutečnostech informována tolik jako členové specializovaných organizací (Mitchell-Jones et al. 2010).

Zásadním rušivým podnětem jsou pro letouny dotykové stimuly (Speakman et al. 1991). K takovému rušení může dojít při neopatrném průstupu jeskynních prostor, kdy návštěvník jeskyně svým tělem zavadí o netopýra nebo se ho úmyslně dotkne. Hibernující letouni jsou však citliví také na bezdotykové podněty jakými je změna teploty, světlo nebo

hluk. K rušení netopýrů z hibernace může docházet například i díky použití nevhodného typu svítidel. Některé halogenové lampy mohou způsobovat svým světlem velmi rychlé změny teploty, které stačí na to, aby zimující letouny vyrušily z hibernace (Haarsma a de Hullu 2012). Ačkoli takovéto bezkontaktní podněty nemusí způsobovat takové energetické ztráty jako podněty dotykové, je jejich role nezanedbatelná (Thomas 1995).

Je třeba brát také v potaz, že některé druhy letounů mohou být vůči rušení citlivější. Zde je na místě zmínit, že vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*), který představuje dominantní druh letouna v jeskyních v zájmovém území, je vůči rušení během hibernace velmi citlivý (Hutson et al. 2001).

Dalším aspektem ohrožujícím letouny může být přenos patogenů. V roce 2006 bylo v Severní Americe poprvé zaznamenáno masové vymírání netopýrů. Podrobné výzkumy nasvědčují faktu, že hlavní příčinou tohoto vymírání je chladnomilná houba *Geomyces destructans*, která byla poprvé popsána teprve v roce 2009. Houba napadá netopýry během jejich hibernace a zapříčiňuje jejich probouzení, které vede k vysokým energetickým ztrátám až k absolutnímu vyčerpání a dehydrataci. Tato problematika byla pojmenována jako syndrom bílého nosu (white-nose syndrome, WNS) podle příznaků, kterými je bílý houbový povlak vyskytující se na holých částech těla napadených netopýrů. Populace netopýrů v Severní Americe jsou díky WNS decimovány a u některých populací došlo téměř k úplnému vyhynutí. Díky pokračujícím výzkumům bylo určeno epicentrum šíření patogenu, kterým byly jeskyně ve státě New York v blízkosti města Albany v USA (Blehert et al. 2009).

Následně byl prokázán výskyt WNS i v evropských jeskyních a to dokonce i na fotografiích starých několik desítek let. Oproti Severní Americe, jak vyplývá z pozorování, nedochází k masivnímu úhynu netopýrů. Proto se v současnosti předpokládá, že evropští netopýři jsou vůči WNS rezistentní na rozdíl od netopýrů severoamerických. Vzhledem k dřívějšímu výskytu WNS v Evropě je také pravděpodobné, že se patogen dostal do Severní Ameriky právě z Evropy (Puechmaille et al. 2011).

Jednou z hypotéz o šíření WNS mezi jednotlivými lokalitami nebo dokonce kontinenty je hypotéza o antropogenním přenosu patogenu. Tuto teorii částečně potvrzuje i poslední studie, která poukazuje na výzkum vzorků jeskynních půd z postižených jeskyní a jeskyní bez výskytu WNS. Studium DNA prokázalo, že houba *Geomyces destructans* je přítomna v jeskynní půdě v postižených lokalitách (Lindner et al. 2011). Tento fakt nasvědčuje tomu, že se patogeny mohou šířit mezi lokalitami například přenosem půdy

na obuvi a oblečení návštěvníků jeskyní. To potvrzují i mikroskopická pozorování spor *Geomyces destructans* na povrchu oděvů speleologů a na stěnách jeskyně (Okoniewski et al. 2010). V důsledku těchto skutečností je vypracována metodika dekontaminačních postupů a přípravků pro dezinfekci speleologického vybavení, obuvi a oděvů (Shelley et al. 2013).

## **1.6 Charakteristika zájmového území**

### **1.6.1 Ochrana přírody v zájmovém území**

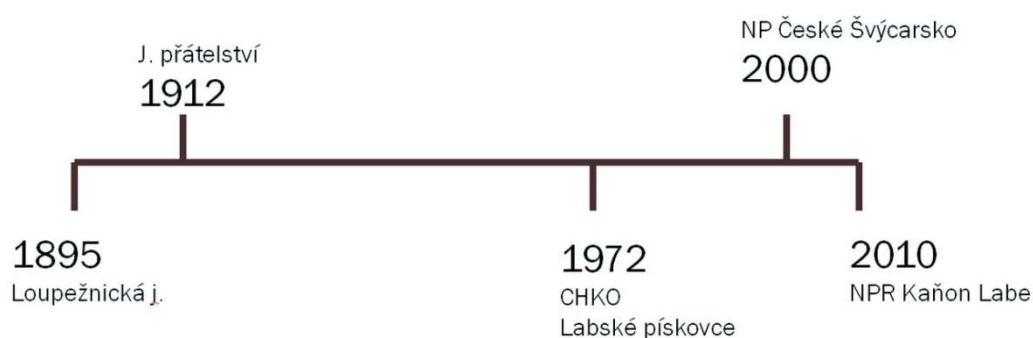
Významnou roli v prvopočátcích ochrany přírody v této oblasti sehrály nejrůznější turistické spolky. Ty si již v 19. století uvědomovaly estetickou a geomorfologickou hodnotu krajiny Labských pískovců. V té době byly v kaňonu Labe velmi rozšířené kamenolomy, které devastovaly přírodní skalní stěny a původní lesy v suťových svazích. Turistické spolky měly snahu tyto kamenolomy vykupovat a tím zabránit jejich dalšímu rozšiřování. Zastavení masivní těžby pískovce v kaňonu Labe také dopomohlo zachovat mnohé přírodní puklinové jeskyně, které by jistě byly postupným rozebíráním skalního masivu odtěženy. V roce 1923 lze v zápise konzervátora Rudolfa Maximoviče nalézt první formulaci důvodů ochrany přírody Labských pískovců. Maximovič zejména poukázal na potřebu ochrany přírodních krás, které byly oblíbeným cílem turistů. Rovněž ale konstatoval, že má oblast jednoznačný charakter přírodní památky vhodné ke zřízení rezervace (Bauer et al. 2012).

Za snahu o vytvoření chráněného území lze považovat také připravovaný návrh z roku 1942, který však nebyl realizován. Komplexní návrh na ochranu Labských pískovců předložil ve své diplomové práci Dr. Jan Čerovský v roce 1953. Tato práce byla velmi důležitá pro přípravu vyhlášení CHKO Labské pískovce, k němuž došlo 27. 6. 1970 výnosem ministerstva kultury. V současnosti má CHKO Labské pískovce rozlohu 250 km<sup>2</sup>. Severní nejzachovalejší část byla 1. 1. 2000 vyhlášena zákonem jako NP České Švýcarsko (Bauer et al. 2012).

### **1.6.2 NPR Kaňon Labe**

NPR Kaňon Labe byla vyhlášena Ministerstvem životního prostředí ČR 1. 6. 2010 nabytím účinnosti vyhlášky č. 142/2010 Sb., o vyhlášení NPR Kaňon Labe. Předmětem ochrany jsou přirozené lesní porosty, dále pak geomorfologicky výjimečný útvar kaňonu

Labe, který je tvořený formami pseudokrasového reliéfu v kvádrových pískovcích vyskytujících se především v podobě rozsáhlých skalních stěn, věží a složitě členěných hřbetů, suťových polí, soutěsek a jeskyní se specifickými rostlinnými a živočišnými společenstvy a typy přírodních stanovišť s druhy, pro které byla vyhlášena EVL Labské údolí. Hranice NPR kopíruje vesměs horní hranici skalního masivu od Loubského potoka až po kaňon Suché Kamenice a dále k obci Hřensko, kde se stáčí zpět k jihu, přičemž jde souběžně se silnicí Děčín – Hřensko. Území zahrnuje skalní masivy včetně sutí a blokových akumulací ve svazích pod nimi. Právě v tomto prostoru se nachází největší množství jeskyní na území CHKO Labské pískovce. Celková rozloha NPR Kaňon Labe je 480 hektarů, nachází se na katastru pěti obcí (Vyhláška o NPR Kaňon Labe 2010).



**Obr. 1:** Milníky počátku návštěvního ruchu v nejznámějších jeskyních a vyhlášení ZCHÚ v zájmové oblasti.

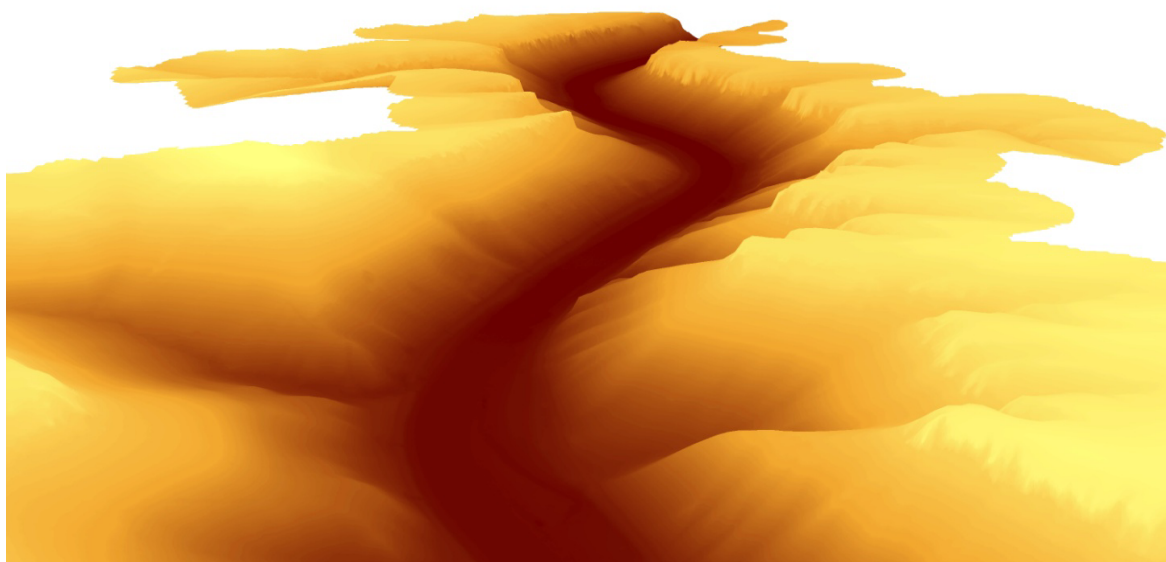
## 1.7 Jeskyně v zájmovém území

### 1.7.1 Geologický vývoj pseudokrasových jeskyní

V oblasti Labských pískovců dosahuje celková mocnost pískovců české křídové pánve až 650 m. Nejvíce je tento celek odkryt právě v kaňonu Labe. Vystupují zde napovrch cenomanské pískovce, dále pak pískovce bělohorského a nejvýše položené pískovce jizerského souvrství. Na horních partiích kaňonu jsou doposud patrné reliкty bývalých říčních teras vodních toků, které postupně vymodelovaly kaňon do současné podoby. Největší formování kaňonu probíhalo v období čtvrtohor, jako následek pokračujícího výzdvihu Krušných hor (Balatka a Kalvoda 1995).

Z geomorfologického hlediska je kaňon Labe největším průtočným kaňonem v ČR. Výškový rozdíl mezi řekou a horní hranou kaňonu dosahuje 200 až 300 m. Spodní partie kaňonu tvoří suťová pole a akumulace větších skalních bloků. Ve vyšších polohách kaňonu

jsou skalní stěny tvořící často neprostupná defilé s předsunutými věžemi. Často jde o velmi složitý reliéf ovlivněný množstvím skalních řícení a sesuvů. Morfologická stavba kaňonu s velkým gravitačním potenciálem a tektonickým porušením pískovců napomáhá ke vzniku pseudokrasových jeskyní (Adamovič et al. 2010).



**Obr. 2:** Názorný 3D model reliéfu kaňonu Labe (vytvořeno 3D analýzou dat ZABAGED)

Lze předpokládat, že pseudokrasové jeskyně v kaňonu Labe mohly vznikat od doby mrazové modelace reliéfu v období kvartérních glaciálů. Na jejich současné podobě se však podílela řada procesů (Balatka a Kalvoda 1995).

Z geomorfologického hlediska jeskyně v zájmové oblasti nejčastěji vznikají gravitačním odsedáním skalních bloků. Takové jeskyně jsou označovány jako jeskyně rozsedlinové. Hlavní rozsedlina obvykle tvoří páteřní prostoru jeskyně, která bývá zahrazena skalními bloky tvořícími strop a jednotlivá patra. Pro genezi rozsáhlejších pseudokrasových jeskynních systémů je pak typické hloubkové porušení a rozvolnění pískovcového masivu. S tím také souvisí riziko skalních řícení, které jsou v oblasti kaňonu Labe poměrně časté (Kalvoda a Zvelebil 1989).

Krom jeskyní rozsedlinových jsou častým typem jeskyně suťové. Takto se označují jeskyně vzniklé v blokových akumulacích, které jsou obvykle pozůstatky skalních řícení a sesuvů. Často vznikají v hlubokých roklích nebo ve svazích pod skalními stěnami. Tento typ jeskyní je specifický tím, že jde většinou o malé prostory nepravidelných rozměrů (Panoš 2001).

Nejčastěji se vyskytují jeskyně kombinované, kdy jsou určité části jeskyně tvořeny



nakupenými bloky a na ně navazují části tvořené rozsedlinami.

Jeskyně vzniklé selektivním zvětráváním pískovce jsou v oblasti spíše vzácné a tvoří větší podzemní prostory.

### **1.7.2 Jeskynní fauna v zájmovém území**

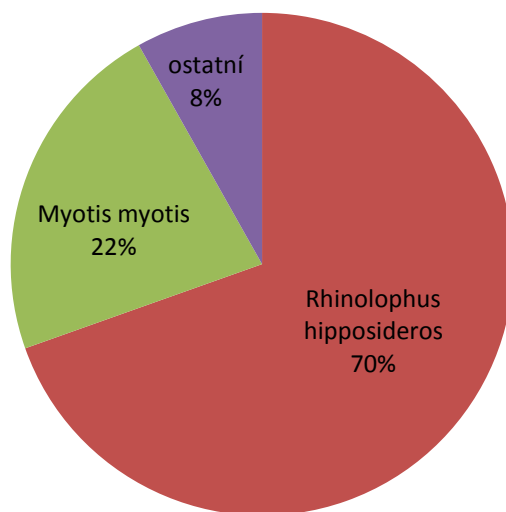
Z hlediska poznání historické až paleontologické fauny lze konstatovat, že jediným významným nálezem osteologického materiálu v zájmových jeskyních byl nález kostí medvěda brtníka (*Ursus arctos arctos*) v části Pytlácké jeskyně nazývané Medvědí dóm (Veselý 2008). Pozdější podrobnější osteologické průzkumy objevily v zájmových jeskyních drobné kosti netopýrů a dalších malých i velkých savců vesměs recentních druhů. Stáří kostí bylo odhadnuto na mladší holocén (Pokorný a Vrabec 2011b). Rovněž malakologický průzkum jeskynního sedimentu potvrdil pouze recentní druhy schránek měkkýšů (Pokorný a Vrabec 2011a).

Mezi významného bezobratlého živočicha obývajících jeskyně lze řadit koníka jeskynního (*Troglophilus neglectus*), který byl v oblasti Labských pískovců objeven teprve v roce 1998. Vzhledem k tomu, že jde o poměrně izolovanou populaci, je pravděpodobný její reliktní charakter (Chládek et al. 2000).

Během biospeleologického průzkumu jeskyní bylo zjištěno celkem 13 druhů pavouků. Z druhů silně specializovaných na podzemí se zde vyskytoval druh *Porrhomma egeria*. Významné jsou též vzácné druhy pavouků *Agnyphantes expunctus* a *Theonoe minutissima* (Holec et al. 2010).

V zimním období jeskyně využívají jako zimoviště netopýři a vrápenci. Během monitoringu letounů v letech 1995–2010 bylo zjištěno ve 14 jeskyních 8 druhů zimujících letounů. Největší relativní početní zastoupení měl vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*) 70 % a netopýr velký (*Myotis myotis*) 22 % (Graf č. 1). Ostatní druhy netopýrů pak zastupovali 8 % z celkového počtu sečtených letounů (Benda a Chvátal 2011).

### Relativní zastoupení druhů letounů v jeskyních v zájmovém území 1995-2010



**Graf č. 1:** Relativní zastoupení jednotlivých druhů letounů v jeskyních v zájmovém území během monitoringu v letech 1995 – 2010. Vytvořeno podle (Benda a Chvátal 2011).

#### **1.7.3 Historie objevování a průzkumu jeskyní**

Existence jeskyní v kaňonu Labe byla nejspíše známa již prvním osadníkům. Výrazné jeskynní vchody, ze kterých často navíc v zimním období stoupá pára, by jen stěží mohly uniknout lidské pozornosti. Vůbec první dochovaný historický záznam týkající se jeskyně v oblasti Labských pískovců je o Trpasličí jeskyni v Ostrově. Její název se objevuje již v 16. století v mapách Matthiase Oedera. Jeskyně se do map dostala díky bezprostřední blízkosti státní hranice, která byla v té době podrobně mapována (Bellmann 2010).

Další historické písemné zmínky jsou známy až z počátku 20. Století (Schlegel 1910). V té době se s rozvojem turistického ruchu v oblasti začaly vydávat první turistické průvodce, do nichž byla snaha zařadit co nejvíce přírodních zajímavostí. Průzkum jeskyní byl tehdy něco zcela nového a velmi atraktivního. Na propagaci jedinečných přírodních útvarů měli zájem především obce, které se nacházely v blízkosti a mohly tak jistým způsobem prosperovat ze zvýšeného turistického ruchu. Většina tehdy známých jeskyní však byla prozkoumána jen částečně, neboť podrobný průzkum obvykle vyžadoval průstup

pomocí lan a slaňovacích pomůcek. To byl také pravděpodobně jeden z důvodů, proč nikdy nedošlo k turistickému zpřístupnění některých jeskyní.

S největší pravděpodobností vůbec nejstaršími prozkoumanými jeskyněmi v Labském údolí byla Jeskyně přátelství a Stelzigova jeskyně, jež jsou poměrně rozsáhlé a přitom snadno dostupné bez nutnosti slaňování nebo jištění. Ve Stelzigově jeskyni se také dochoval nejstarší datovatelný nápis z roku 1881 tvořící také mezník pomyslných počátků návštěvnosti jeskyní v zájmovém území (Winkelhöfer 2001).

Hlavní rozvoj objevování jeskyní v kaňonu Labe přišel s počátkem 20. století. V roce 1911 Drážďanští horolezci sestoupili pomocí lan 20 metrů hlubokou slaňovací šachtou na dno Loupežnické jeskyně u Labské Stráně (Winkelhöfer 1997). Tato jeskyně se ihned stala nejzajímavějším podzemním cílem na území Labských pískovců. Další objevy následovaly. Do roku 1945 bylo například objeveno 30 % všech doposud známých jeskyní v kaňonu Labe (Kukla 2013). Jistý podíl na tom měla také lomová činnost, která vyžadovala podrobnější geomorfologický průzkum území a tak tehdejšími lomaři skutečnost existence jeskynních prostor jistě neunikla. Průzkumu se věnovali také členové různých zájmových spolků, většinou horolezeckých klubů. Například členové spolku Naturfreunde z Drážďan byli ve své době v průzkumu jeskyní velice aktivní. Podle názvu spolku dokonce pojmenovali jednu z významných jeskyní kaňonu Labe – Jeskyni přátel přírody. V oblasti před válkou zde působila i skupina “Verein für Höhlenkunde in Sachsen“, jejíž působení přesahovalo ze sousedního Saska. Členové tohoto spolku se již vyloženě specializovali na speleologii a jejich činnost byla víceméně vědecká. Z této doby také pochází první pokusy o zmapování několika nejznámějších jeskyní, či jejich podrobnější geomorfologický popis (Bellmann 2010).



**Obr. 3:** Jeden z prvních návštěvníků zaznamenává v roce 1911 své jméno do zápisové knihy na dně Loupežnické jeskyně (archiv Joachima Schindlera).

Po druhé světové válce došlo k odsunu německého obyvatelstva. Informace o lokalizaci jeskyní se vytratily. Nově příchozí obyvatelé se však sami začali postupem času seznamovat se skalním terénem a znovuobjevovali již zapomenutá místa a jeskyně, některým dali i nové názvy. Zejména od 70. let se na řadě objevů nových, nepopsaných jeskyní podílejí speleologové a horolezci ze sousedního Saska.

Další vlna průzkumů a objevů přišla po roce 1990 a trvá prakticky do současnosti. Za posledních 22 let bylo objeveno více než 35 doposud neznámých jeskyní nebo byly původní jeskyně prodlouženy nově objevenými prostorami. Velké množství objevů provedli němečtí speleologové a horolezci. Zejména v posledních letech se také výrazně zintenzivnila objevitelská činnost českých jeskyňářů (Bellmann 2010).

#### **1.7.4 Historický vývoj návštěvnosti jeskyní**

Jeskyně v zájmové oblasti byly navštěvovány především horolezci a členy horských turistických spolků, kteří návštěvu jeskyní brali jako příjemné zpestření své činnosti a jako

součást outdoorových sportů v oblasti Českosaského Švýcarska. Před rokem 1945 byla amatérská speleologie v oblibě, poprvé se objevuje také fenomén komerčního průvodcovství. Informace o jeskyních se dostávají také do některých turistických průvodců a průvodcovská činnost se stává zdrojem jistého příjvodu obyvatel okolních obcí (Schlegel 1910; Bellmann 2010).

Po roce 1945 dochází vlivem společensko-politických změn k útlumu zájmu o jeskyně. Mnoho informací o existenci jeskyní se ztrácí, protože původní obyvatelé jsou odsunuti. Až v pozdějších letech dochází k postupnému vzkříšení speleologie. Kromě jednotlivců z okolních obcí, kteří jeskyně objevují spíše náhodně, nelze hovořit o větším zájmu. Až po roce 1966, kdy byla zrušena přísná ostraha hranic s NDR, se do oblasti dostávají návštěvníci ze sousedního Saska. Většinou jde o horolezce, kteří jeskyně navštěvují jako zpestření svého hlavního zájmu. I v pozdějších letech je naprostá převaha návštěvníků z Německa, kde se zachovaly informace o lokalizaci jeskyní a také zde vycházejí první průvodce. Až v 80. letech vzniká při ČSS první oficiální speleologická skupina specializovaná svou činností na jeskyně Labských pískovců (Veselý 1996).

Za další období lze označit vývoj po roce 1989. Jak dokazuje analýza dat ze zápisové knihy z velmi oblíbené Jeskyně přátelství, dochází v prvních letech po roce 1989 k poklesu návštěvnosti, ten je však velmi brzo vyrovnán a naopak se návštěvnost oproti předešlému období zvyšuje (Winkelhöfer 2001). Mezi návštěvníky jsou členové horolezeckých oddílů jak z Německa, tak z České republiky, speleologové nebo dokonce školní výlety (Marwan 1997).

S postupnou změnou poměrů po roce 1989 se také začínají objevovat firmy, které se specializují na poptávku po adrenalinových aktivitách v regionu Českosaského Švýcarska. Nabízejí jak průvodcovské služby pro jednotlivce, tak pro skupiny a to včetně firemních teambuildingových aktivit. Jedná se o firmy německé i české. V posledních letech se též objevují nabídky zprostředkování průvodcovských služeb, do jeskyní v zájmové oblasti, na slevových serverech. Tyto akce mohou velice zvýšit návštěvnost jeskyně, neboť firmy nabízejí vždy několik stovek poukázek na zážitkový výlet.

Zcela novodobým fenoménem, který může zvyšovat návštěvnost jeskyní je hra Geocaching. Cílem této hry je objevit skryš, ve které je ukrytý zápisový notýsek, do kterého se hráč podepíše. V internetové databázi serveru Geocaching.com pak označí tuto skryš za objevenou. Na uvedeném serveru má každá skryš svou stránku, kde jsou uvedeny zeměpisné souřadnice úkrytu nebo jiné informace jak se ke skryši dostat.

V zájmové oblasti jsou skryše této hry aktivní v Loupežnické jeskyni a ve Stelzigově jeskyni.

## **1.8 Legislativa**

### **1.8.1 Obecná legislativa**

Ochrana jeskyní je pevně ukotvena v právním řádu České republiky jako §10, který je součástí zákona č. 114/1992 Sb. „O ochraně přírody a krajiny“ (dále „ZOPK“). Tento paragraf má pět odstavců. Z hlediska návštěvnosti jeskyní mají největší význam odstavce 2 a 3. (Zákon č. 114/1992 Sb. 1992). §10 odstavec 2 ZOPK stanovuje zákaz ničit, poškozovat nebo upravovat jeskyně nebo jinak měnit jejich původní stav. Výjimku může stanovit orgán ochrany přírody pouze za předpokladu, že je to v zájmu ochrany jeskyně nebo převyšuje jiný veřejný zájem. §10 odstavec 3 ZOPK uvádí, že pro průzkum a výzkum jeskyně je třeba povolení orgánu ochrany přírody. Povolení nepotřebují pouze zákonem jmenované osoby, například pověřené prováděním monitoringu a inventarizace nebo záchranou osob.

Pokud dojde k porušení povinností stanovených v §10 ZOPK hrozí postih fyzických osob pokutou až 20 000 Kč (§87 odst. 2 ZOPK) a právnických osob či osob fyzických ve výkonu podnikatelské činnosti pokutou až do výše 1 000 000 Kč (§88 odst. 1 ZOPK).

Jelikož se ve své práci zabývám zájmovým územím v bezprostřední blízkosti SRN, konkrétněji spolkové země Sasko, je důležité zmínit i legislativu uplatňovanou na tomto sousedním území Labských pískovců. Zde jsou jeskyně chráněny v rámci saského zákona o ochraně přírody a krajiny „Sächsischen Naturschutzgesetz“ z roku 2007. Na rozdíl od české legislativy není jeskyním věnován celý paragraf, ale jsou pouze zmíněny v odstavci 1 §26 o ochraně stanovišť. Ze zákona vyplývá, že jsou zakázány všechny činnosti vedoucí ke zničení nebo podstatnému a trvalému snížení hodnoty stanoviště (landesanglerverband-sachsen.de 2007).

V legislativě Evropské unie v současné době není obsažen žádný zákon ani směrnice týkající se přímo ochrany jeskyní. Je třeba však zmínit deklaraci č. 0066/2008 o ochraně jeskyní jako kulturního, přírodního a environmentálního dědictví. Cílem deklarace je snaha pevně začlenit do evropského právního řádu konkrétní ustanovení týkající se ochrany jeskyní (cavedeclaration.eu 2008). Komplexní směrnice definující pravidla a postihy však stále chybí.

### **1.8.2 *Legislativa specifická pro zájmové území***

Kaňon Labe je začleněn i do soustavy NATURA 2000. Zde je třeba zmínit, že přímo jeskyní se týká EVL Labské údolí, kde jsou jeskyně nepřístupné veřejnosti předmětem ochrany jakožto součást seznamu naturových biotopů. Dle tohoto seznamu je jejich reprezentativnost pro danou lokalitu významná, jejich zachovalost je hodnocena jako skvěle zachovalá a celkové hodnocení významu lokality pro ochranu příslušného typu přírodního stanoviště je hodnoceno jako vysoce významné (nature.cz 2006).

Dále je ochrana jeskyní zahrnuta ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí č. 142/2010 ze dne 4. května 2010 o vyhlášení Národní přírodní rezervace Kaňon Labe a stanovení jejích bližších ochranných podmínek, v §3 definuje Bližší ochranné podmínky. Ochrany jeskyní se pak bezprostředně týká odstavec d), který definuje výzkum a průzkum v podzemních prostorech textem „Jen se souhlasem příslušného orgánu ochrany přírody lze v národní přírodní rezervaci provádět výzkumnou a průzkumnou činnost v podzemních prostorech a portálech jeskyní a štol.“ (Vyhláška o NPR Kaňon Labe 2010).

V zákonu č. 114/1992 Sb. je pro návštěvnost jeskyní v NPR také důležitý §29 Základní ochranné podmínky národních přírodních rezervací, kde je v odstavci d) uvedeno, že „vstupovat a vjíždět mimo cesty vyznačené se souhlasem orgánu ochrany přírody, kromě vlastníků a nájemců pozemku, osob zajišťujících lesní a zemědělské hospodaření, obranu státu a ochranu státních hranic, požární ochranu, zdravotní a veterinární službu, při výkonu této činnosti“.

## **2 Cíle a hypotézy diplomové práce**

### **2.1 Cíle diplomové práce**

V diplomové práci jsem stanovil několik cílů a rozdělil je do tří základních celků.

#### **Kvantifikace návštěvnosti jeskyní**

- Zjistit návštěvnost jeskyní v zájmovém území a provést srovnání.
- Pomocí dostupných dat provést analýzu některých ukazatelů (datum návštěvy, národnost).

#### **Charakteristika návštěvníků**

- Zjistit informace o návštěvnicích jeskyní, o jejich motivacích a jejich zdrojích informací o jeskyni.

#### **Vliv návštěvnosti na prostředí**

- Provést monitoring vybraných živočišných druhů v jeskyních.
- Provést měření kontaktních míst v jeskyni a porovnat jeskyně z hlediska možné zranitelnosti vybraných druhů živočichů.
- Zhodnotit dlouhodobý dopad návštěvnosti na nejvíce vyhledávané jeskyně.
- Pomocí analýzy PLFA zjistit vliv návštěvnosti na mikrobiální společenstva v substrátu jeskyně.

### **2.2 Hypotézy**

- Podíl návštěvnosti bude vysoký i během hibernačního období letounů. Jelikož se jedná o podzemní prostory, roční období nebude mít na návštěvnost takový vliv jako u běžné turistiky.
- Mezi návštěvníky bude převažovat podíl osob německé národnosti, jelikož informovanost o těchto jeskyních je v SRN vyšší než v ČR.
- Významný podíl návštěvnosti jeskyní bude tvořit komerční cestovní ruch.
- Návštěvníci s bydlíštěm ve větší vzdálenosti od jeskyně budou využívat častěji služeb profesionálního průvodce.
- Charakteristika vzorků půdy vyplývající z analýzy PLFA se bude lišit pro vzorky odebrané v sedimentu ovlivněném či neovlivněném antropogenními zásahy.



## **3 Metodika**

### ***3.1 Geografické zaměření jeskyní a použité mapové podklady***

Kartogramy a ostatní mapy a plány jsem vytvořil pomocí software ArcGIS desktop 10.0 od společnosti ESRI, který zahrnuje více aplikací GIS. Jeskyně nacházející se v zájmovém území jsem v terénu zaměřil, pomocí GPS přístroje Trimble GeoExplorer GeoXH. Naměřená data jsem následně importoval do programu ArcMap a jeskyním přiřadil příslušné atributy.

Vizualizaci dat jsem uskutečnil v programu ArcMap do mapových podkladů ZABAGED poskytnutých ČÚZK. Pro geomorfologicky přehlednější znázornění situace jsem u některých map rovněž použil DTM terénu v rozlišení 1 x 1 m<sup>2</sup>. Tento model byl vytvořen v rámci projektu GeNeSiS TU Dresden „Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Sächsisch - Böhmisches Schweiz“ (Trommler a Csaplovics 2006).

Plány jeskyní jsem zpracovával s pomocí dat z vlastního měření v programu ArcMap 10 a následně graficky upravil v programu AdobeIllustrator CS 3.

### ***3.2 Výběr jeskyní pro podrobnější analýzu***

Pro podrobnější analýzu návštěvnosti jsem vybral celkem 5 jeskyní splňujících mnou stanovené požadavky, které zde dále uvádím. Jeskyně v zájmovém území se obvykle vyskytují na jednotlivých lokalitách ve větších shlucích, což je dáno geomorfologickými podmínkami terénu. Abych mohl relativně rovnoměrně sledovat návštěvnost v celém zájmovém území, stanovil jsem, že lokality musejí být od sebe vzdáleny alespoň 1 km chůze. Dále bylo důležité vybrat z každé lokality vždy pouze jednu reprezentativní jeskyni. Obvykle jsem vybral jeskyni s největší návštěvností v dané lokalitě. Výjimku tvoří pouze Jeskyně přátel přírody, která má nižší návštěvnost než sousední Dámská jeskyně. Přesto jsem tuto jeskyni vybral z toho důvodu, že ji považuji za reprezentativnější, neboť je delší, rozsáhlejší a se zmíněnou Dámskou jeskyní tvoří jeden propojený jeskynní systém.

Z jeskyní v zájmovém území byly pro podrobnější výzkum návštěvnosti vybrány tyto jeskyně: Cipískova jeskyně, Jeskyně přátel přírody, Jeskyně přátelství, Loupežnická jeskyně a Stelzigova jeskyně. Lokalizace jeskyní je názorně vyobrazena v mapě (viz

příloha č. V, mapový list č. 2-4).

### **3.2.1 Popis vybraných jeskyní**

Zde uvádím stručný popis jeskyní v zájmovém území, které jsou podrobněji řešeny v této práci. Vytvořené plány těchto jeskyní jsou uvedeny v příloze č. VI.

#### **Jeskyně přátelství**

Jeskyně se nachází ve skalním masívu nedaleko ústí Suché Kamenice do Labe. Byla prozkoumána v roce 1912. Jedná se o členitou jeskyni, která je relativně snadno dostupná bez speciální jistící techniky. Vchod přechází z otevřené rozsedliny do relativně prostorného dómu, ze kterého lze prostoupit do několika nižších. Jeskyně se nachází v silně tektonicky porušeném a rozlámaném skalním masívu. Pro svou snadnou přístupnost a atraktivní rozměry je oblíbeným cílem amatérských speleologů (Winkelhöfer 2001).

#### **Jeskyně přátel přírody**

Vchod do jeskyně se nachází v terasovitém skalním terénu mezi obcemi Labská Stráň a Hřensko. Jeskyně byla objevena v roce 1912. Jedná se o členitou rozsedlinovou prostoru s množstvím propastí a domů menších rozměrů. Ve své horní části je propojena úzkým průlezem s Dámskou jeskyní. Jeskyně přátel přírody je také oblíbeným zimovištěm netopýrů (Benda a Chvátal 2011).

#### **Loupežnická jeskyně**

Vchod do jeskyně se nachází v patře skalního masívu, severně od turisticky vyhledávané vyhlídky Belvédér. Jeskyně byla poprvé prostoupena v roce 1911, i když její vchod byl znám již mnohem dříve. Jedná se o klasickou rozsedlinovou propast'ovitou jeskyni, která spolu s přilehlou Pytláckou jeskyní tvoří jeden z největších rozsedlinových jeskynních systémů v České republice s délkou přesahující 160 m a dosahující hloubky až 40 m (Hromas 2009). Jeskyně je vyvinuta v několika základních výškových úrovních, kde se střídají vodorovné chodby a svislé komíny. Místy se chodba rozšiřuje a vytváří menší dómy. Pro svou speleologickou atraktivitu je vyhledávaným cílem návštěvníků.

#### **Cipískova jeskyně**

Vchod do jeskyně se nachází ve skalní rozsedlině severně od údolí Studeného potoka. Jeskyně vznikla blokovým zahrazením širší rozsedliny. Tato jeskyně byla stejně jako mnoho dalších navštěvována již před rokem 1945. Úzkým vstupem mezi bloky vede chodba přes několik pater do spodního rozměrného dómu, kde je umístěna zápisová kniha. Jeskyně je oblíbeným zimovištěm letounů, zejména netopýra velkého a vrápence malého,

u kterého představuje zatím nejvýznamnější známé zimoviště v NPR Kaňon Labe (Benda a Chváta 2011).

### **Stelzigova jeskyně**

Výrazný vchod do jeskyně se nachází u paty skalního masívu poblíž obce Bynovec. Jeskyně je charakteristická velkým vstupním dómem, z něhož lze prolézt do boční členité části jeskyně s několika komorami a většími prostory. Jeskyně má několik úrovní a částí. Tato jeskyně byla v 19. a 20. století oblíbeným návštěvnickým cílem, jak o tom svědčí řada nápisů na stěnách (Winkelhöfer 1997).

### **3.3 Kvantifikace návštěvnosti jeskyní**

Pro zjištění a přibližnou kvantifikaci návštěvnosti (oblíbenosti) vybraných jeskyní v zájmovém území jsem využil dat o návštěvnosti získaných analýzou zápisových knih.

Zápisové knihy jsou fenoménem jeskyní v Labských pískovcích, neboť tradice jejich umístování je prakticky stejně stará jako speleologická aktivita v této oblasti. Tyto knihy jsou obvykle umístovány na hypotetickém konci jeskyně, většinou v jejím nejhlubším nebo nejvzdálenějším místě a poskytují návštěvníkům příležitost zvěčnit svou návštěvu podzemních prostor. Obvyklý zápis obsahuje datum návštěvy a jména návštěvníků, případně další údaje, jako např. příslušnost k zájmovému spolku, nebo město, ze kterého návštěvníci pocházejí. Přestože je zápis do takové knihy dobrovolný, je této možnosti hojně využíváno a zápis do jeskynní knihy lze vzhledem k vysoké náročnosti sestupu na dno jeskyně, považovat za čestný akt. Jelikož jsou tyto knihy umístěny prakticky v každé jeskyni v Labských pískovcích, poskytují využitelná data pro zjištění oblíbenosti jednotlivých jeskyní a jejich srovnávání.

Data o návštěvnosti jsem získal analýzou záznamů v zápisových knihách za časové období 2008 – 2012, pro které jsem našel kontinuální datovou řadu u všech sledovaných jeskyní. Ze záznamů v knize jsem zaznamenával datum návštěvy a počet návštěvníků ve skupině. Také jsem se pokusil podle zápisu odhadnout národnost návštěvníků. Jeskyně v zájmové oblasti jsem následně seřadil podle jejich návštěvnosti.

Získaná data o návštěvnosti je nutno chápat jako minimální potvrzenou návštěvnost jeskyně. Je logické, že tato data nezahrnují návštěvníky, kterým se nepodařilo prostoupit až do úseku jeskyně, kde je umístěna zápisová kniha nebo návštěvníky, kteří se z různých dalších důvodů do knihy nezapsali.

### **3.4 Anketní šetření**

Návštěvnost jeskyní v zájmovém území má spíše nárazový charakter. Návštěvníci obvykle přicházejí v menších skupinách a v různém časovém období. Z tohoto důvodu jsem efektivně nemohl provádět šetření pomocí řízeného rozhovoru a zvolil jsem tedy anketní formu, tedy vyplňování dotazníku umístěného přímo v jeskyni u zápisové knihy.

Do vybraných jeskyní jsem umístil dostatečný počet dotazníků, instrukce k vyplnění a anketní schránku kam návštěvníci vhazovali vyplněné dotazníky. Anketní schránky jsem každý měsíc vybíral a zároveň doplňoval nevyplněné dotazníky. V instrukčních informacích bylo rovněž výrazně uvedeno, že dotazník se nemá vyplňovat opakovaně, a že na jednu osobu připadá pouze jeden unikátní dotazník.

Dotazník pro návštěvníky jeskyní jsem sestavil ze 14 otázek ve třech jazykových modifikacích (český, německý a anglický jazyk). První část otázek se týkala základních demografických údajů. Druhá část otázek se zaměřovala na motivaci návštěvníka a jeho zařazení v kontextu speleoturistiky.

Otázky byly převážně uzavřeného typu. Jedinou otázkou otevřeného typu byla otázka týkající se místa bydliště respondenta. V případě této otázky jsem uvedená místa zařazoval do příslušných správních jednotek. Každému místu jsem přiřadil identifikační číslo odpovídající danému okresu v atributové tabulce v programu ArcMap. V otázce vyhodnocení místa bydliště jsem pomocí nástroje Multiple Ring Buffer programu ArcGis 10 vytvořil obalové zóny kolem hodnocených jeskyní. Vzdálenost obalových zón jsem volil 20, 40, 80, 160, 320 a 640 km. Na základě jednotlivých obalových zón jsem pomocí funkce výběru vybral polygony okresů a krajů na území ČR a SRN, které měly těžiště ve zvoleném prstenci.

Odpovědi respondentů jsem vyhodnotil pomocí programu Microsoft Excel a statistického programu GraphPad Prism 5. Závislosti vybraných odpovědí jsem hodnotil pomocí statistického testu dobré shody  $\chi^2$ . Hladinu významnosti ( $\alpha$ ) jsem určil jako 0,05.

### **3.5 Analýza PLFA**

Vzorky jeskynních půd pro stanovení PLFA jsem odebral během prosince 2012 ze tří nejvíce navštěvovaných jeskyní v NPR Kaňon Labe – z Loupežnické jeskyně, Jeskyně přátelství a Jeskyně přátel přírody. Vzorky jsem odebral z jednotlivých částí jeskyně na

návštěvníky nejvíce využívané trase. Od vchodu jeskyně až k zápisové knize jsem jeskyni rozdělil na několik sektorů, ve kterých jsem provedl odběry. Z každého sektoru jsem provedl odběr směsného vzorku substrátu ovlivněného sešlapem a směsného vzorku substrátu neovlivněného. Odběr substrátu jsem prováděl do maximální hloubky 5 cm. Hmotnost každého odebraného směsného vzorku byla přibližně 200 g. Vzorky byly bez zbytečného odkladu zamrazeny při teplotě -10 °C pro další zpracování v laboratoři. U každého vzorku jsem také stanovil obsah vody gravimetrickou metodou. Abych též posoudil faktor možného vlivu teploty na stav mikrobiálního společenstva, umístil jsem k odběrovým místům minimomaximální teploměry. Cílem bylo zjistit, zda nedochází k promrzání jeskyně. Odběrová místa jsou zakreslena v plánech jeskyní (viz příloha č. VI).

Vzorky jsem zpracoval v laboratoři KTEV UJEP v Ústí nad Labem podle metodiky (Bligh a Dyer 1959). Analýza vzorků připravených pro plynovou chromatografii byla provedena panem Dr. Ing. Pavel Kuráněm, Ph.D., v laboratoři VÚAnCH v Ústí nad Labem na chromatografu HP 6890 serie II.

### **3.5.1 Postup laboratorní práce**

#### **Extrakce lipidů**

1. Provedl jsem 10g navážku vzorku.
2. K navážce jsem přidal fosfátový pufr (50 mM, pH 7,4) 15 ml, methanol 37 ml a chloroform 18,8 ml.
3. Vzorek jsem ochladil a 15 minut nechal louhovat v ultrazvukové lázni. Následně jsem vzorek za neustálého chlazení nechal 2 hodiny třepat při 200 rpm ve tmě.
4. Vzorek jsem odstředil na odstředivce při 4000 rpm po dobu 30 minut.
5. Supernatant jsem přelil do dělicí nálevky, přidal 18,8 ml destilované vody a 18,8 ml chloroformu.
6. Dělicí nálevku jsem protřepal a směs nechal minimálně 12 hodin ustát v lednici.
7. Spodní chloroformovou fází jsem oddělil a dal zamrazit.

#### **Separace lipidových frakcí**

1. Vzorek jsem zahustil na vakuové odparce na objem 1–5 ml.
2. Na chromatografických kolonkách Supelco pročištěných methanolem a chloroformem jsem provedl separaci lipidových frakcí ze vzorků, při přibližné

rychlosti 1 ml/min.

3. Vzorky ve skleněných vialkách jsem nechal zamrazit pro další zpracování.

### **Methanolýza vzorků**

1. Vzorky jsem ve vialkách vysušil dusíkem, přidal jsem 0,5 ml směsi methanol-toluen a protřepal na vortexu.
2. Přidal jsem 0,5 ml roztoku KOH v methanolu, směs jsem promíchal a zahříval na vodní lázni po dobu 40 minut.
3. Po zchlazení jsem přidal 0,5 ml 0,2M kyseliny octové a důkladně protřepal na vortexu.
4. Přidal jsem 2 ml směsi hexan-chloroform (4:1) a 2 ml destilované vody.
5. Směs jsem promíchal a odstředil na odstředivce při 4000 rpm po dobu 10 minut.
6. Horní hexanovou fázi jsem převedl do čisté vialky a do spodní fáze jsem přidal 2 ml směsi hexan-chloroform (4:1). Směs jsem znovu odstředil na odstředivce a tento postup jsem ještě jednou opakoval.
7. Ke vzorku jsem přidal 10 µl roztoku standardu methyldodekanoátu v hexanu, vzorek jsem vysušil dusíkem na objem 0,5 – 1 ml a kvantitativně převedl do 1 ml vialky. Takto připravené vzorky jsem nechal stanovit plynovou chromatografií.

### **3.5.2 Nomenklatura mastných kyselin**

Názvosloví mastných kyselin využívá jak systematické chemické názvy, tak názvy triviální. Rovněž se používá krátká symbolika ve tvaru  $vCC:X\omega Yt$ , CC označuje počet atomů uhlíku v molekule, X počet dvojných vazeb,  $\omega$  polohu dvojných vazeb od alifatického řetězce (například  $16:1\omega 7 = k.$  cis-9-hexadecenová = palmitolejová;  $18:2\omega 6,9 = k.$  cis,cis-9,12- oktadidecenová = k. linoleová), t označuje trans konfiguraci na dvojně vazbě (například  $16:1\omega 7t = k.$  trans-9-hexadecenová = k. palmitelaidová). Větvení i označuje iso mastné kyseliny s methylovou skupinou na předposledním uhlíku od alifatického konce (např.  $i17:0 = k.$  15-methylhexadekanová), větvení a anteiso mastné kyseliny s methylovou skupinou na třetím uhlíku od alifatického konce (například  $a17:0 = k.$  14-methylhexadekanová), cy pak označuje mastné kyseliny s cyklopropylovým kruhem (například  $cy19:0 = k.$  9-methylenoktadekanová). Jiná větvení se obvykle vyjadřují běžnými předponami z chemického názvosloví (například  $10Me-16:0 = k.$  10-methylhexadekanová,  $3OH-14:0 = k.$  3-hydroxytetradekanová) (Kaur et al. 2005).

### 3.5.3 Identifikace

Identifikace PLFA je založena na srovnávání retenčního času s analytickými standardy a pomocí hmotnostních spekter. Při identifikaci jsou brány v úvahu i znalosti o závislosti retenčních časů v homologických řadách v použitých podmínkách:

- FAME mají podobné retenční časy, mají-li podobnou molekulovou hmotnost (srovnatelný počet atomů uhlíku)
- nerozvětvené izomery mají delší retenční čas než rozvětvené
- u nenasycených FAME nejprve eluují cis izomery a až poté jejich trans isomery
- iso isomery eluují dříve než rozvětvené anteiso isomery

Pro identifikaci bylo k dispozici 40 komerčních standardů v několika směsích. Poté bylo nutné rozlišit bakteriální a houbovou biomasu z jednotlivých vzorků. Houbová biomasa byla kvantifikována pomocí obsahu 18:2 $\omega$ 6,9. Bakteriální biomasa je reprezentována sumou koncentrací i14:0, i15:0, a15:0, 16:1 $\omega$ 7t, 16:1 $\omega$ 9, 16:1 $\omega$ 7, 10Me-16:0, i17:0, a17:0, cy17:0, 10Me-17:0, 10Me-18:0, cy19:0; z toho gramnegativní bakterie představují sumu koncentrací cy17:0 a cy19:0, grampozitivní bakterie sumu koncentrací i14:0, i15:0, a15:0, i17:0, a17:0 a aktinomycety byly kvantifikovány dle obsahu 10Me-16:0, 10Me-17:0, 10Me-18:0 (Federici et al. 2011). Environmentální stres (poměr trans a cis formy) byl vypočítán jako poměr koncentrací (18:1 $\omega$ 7+16:1 $\omega$ 7)/(18:1 $\omega$ 7t+16:1 $\omega$ 7t) (Kaur et al. 2005). Nutriční stres (cy/pre) byl indikován součtem a poměrem koncentrací (cy17:0+cy19:0)/(16:1 $\omega$ 7 + 18:1 $\omega$ 7) (Moore-Kucera a Dick 2008). FAME, které nebyly kvantifikovány jako houbové ani bakteriální, byly označeny jako „ostatní“.

### 3.5.4 Použité statistické metody

Jelikož naměřené hodnoty měly poměrně velký rozptyl a nešlo očekávat normální rozdělení, bylo pro statistickou analýzu využito neparametrického Mann-Whitneyova testu.

- H0: Rozdělení obou porovnávaných skupin je shodné
- H1: Rozdělení obou porovnávaných skupin se liší

K zjišťování závislosti dvou znaků byl využit Spearmanův korelační koeficient, který je založen na porovnávání pořadí. Může nabývat hodnot od 1 do -1, přičemž hodnoty blízké 0 naznačují, že pořadí jsou náhodná a mezi sledovanými hodnotami není závislost

(Zvárová 2004).

Pro zjištění odlišnosti odběrových míst v jeskyni bylo použito shlukové analýzy. Ta slouží ke třídění vzorků do skupin (shluků) tak, aby si vzorky náležející do stejné skupiny byly podobnější než objekty ze skupin různých.

Statistické výpočty byly provedené v programu Statistica.

### 3.6 Analýza zranitelnosti

#### 3.6.1 Monitoring ochránářsky významných druhů

V rámci řešení této práce jsem provedl také biospeleologický monitoring živočichů, kteří mají větší význam v problematice ochrany přírody. Během pravidelných návštěv jeskyní v období let 2008 – 2012 jsem pozorováním zjišťoval přítomnost vybraných druhů živočichů na hlavní návštěvnické cestě v jeskyni (viz tabulka č. 1).

**Tabulka č. 1:** Přehled ochránářsky významných druhů. Sestaveno podle (Plesník et al. 2003; Farkač et al. 2005)

|                             | <i>Troglophilus neglectus</i> | <i>Salamandra salamandra</i> | <i>Myotis myotis</i>       | <i>Rhinolophus hipposideros</i> | Jiný druh letouna          |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| stupeň ochrany v ČR         | nedostatečné údaje            | silně ohrožený               | silně ohrožený             | kriticky ohrožený               | různé                      |
| IUCN                        | -                             | LC                           | NT (téměř ochrožený)       | EN                              | různé                      |
| Mezinárodní úmluvy a dohody | -                             | Bern III                     | Bern II, Bonn II, Eurobats | Bern II, Eurobats, Bonn II      | Bern II, Eurobats, Bonn II |

#### 3.6.2 Zhodnocení rizikových míst jeskyně

Posouzení jeskyní na základě výpočtu jejich teoretické citlivosti na návštěvnost lze řešit v kontextu geologickém (Hale 2007) nebo biologickém (Wynne a William 2005). V rozsáhlých jeskyních je potom vhodnější nehodnotit jeskyni jako celek, nýbrž hodnotit pouze její části, čímž lze lépe posoudit možnost koexistence speleoturistiky a ochrany cenných pasáží jeskyně (Wynne a William 2005). Ve své práci jsem se rozhodl kvantifikovat vliv návštěvnosti pouze na jeskynní biotu, neboť hodnocené jeskyně nejsou



tolik citlivé na narušení geologického prostředí jako jeskyně krasové.

Během monitoringu jeskyně jsem na návštěvníky nejvíce využívané trase od vchodu ke konci jeskyně inventarizoval místa, ve kterých dochází k přímému kontaktu návštěvníka se dnem, stropem a stěnami jeskyně. Na základě již vypracované metodiky (Hale 2007), kterou jsem poupravil pro potřeby nekrasové jeskyně, jsem vypracoval bodovou tabulku (Tabulka č. 2) a z naměřených dat jsem vypočetl koeficient impaktu.

**Tabulka č. 2:** Bodové hodnocení kontaktních zón v jeskyni; a,b,c = suma délky zóny kontaktu za jednotlivé kategorie; n = celková délka hodnoceného úseku jeskyně.

| Kontakt návštěvníka            | Váha | Celková délky zóny | Koeficient impaktu                      |
|--------------------------------|------|--------------------|-----------------------------------------|
| podlaha jeskyně                | 1    | a                  | $\frac{(1 * a) + (2 * b) + (2 * c)}{n}$ |
| podlaha a stěny jeskyně        | 2    | b                  |                                         |
| podlaha, stěny a strop jeskyně | 3    | c                  |                                         |

Výpočtem koeficientu impaktu jsem získal číslo v uzavřeném intervalu od 1 do 3. Toto číslo jsem následně vynásobil počtem křížků v tabulce významných druhů pro hodnocenou jeskyni (viz tabulka č. 6, kapitola 4.4.1). Takto jsem mohl seřadit jeskyně jakožto biotopy podle jejich teoretické citlivosti na disturbance. Vycházel jsem z předpokladu, že v jeskyni kde dochází k většímu kontaktu návštěvníků s jeskynním prostředím, se zvyšuje i pravděpodobnost negativního dopadu na živočichy obývající tuto jeskyni. Zároveň jsem bral v potaz, že jeskyně, které jsou druhově bohatší a mají příhodný charakter pro přebývání živočichů, budou více citlivé na narušení návštěvností.

### 3.7 Zhodnocení antropogenních zásahů

#### 3.7.1 Analýza odpadu

Analýzu odpadu jsem provedl jednorázovým sběrem ve čtyřech podrobněji sledovaných jeskyních během května 2013. Nalezený odpad jsem spočítal, zvážil s přesností 5 g a roztřídil do několika základních kategorií:

- Kovy
- Plasty

- Části oděvů
- Baterie
- Nedopalky
- Papír
- Ostatní

### **3.7.2 *Zhodnocení ostatních zásahů***

Slovně jsem zhodnotil a popsal vliv návštěvnosti na geologické prostředí jeskyně. Zde jsem si všímal zejména faktorů popisovaných v metodice (Bunting a Balks 2001).

V případě hodnocení vlivu na venkovní prostředí jsem se omezil pouze na popis charakteru přístupových cest k jeskyním, na základě poznámek pořízených při terénním průzkumu.

## 4 Výsledky

### 4.1 Kvantifikace návštěvnosti jeskyní

Kvantifikací zápisů jsem určil celkovou návštěvnost za sledované období 2008-2012. Nejvíce navštěvovanou jeskyní v zájmovém území je Loupežnická jeskyně (3248 osob), následuje Jeskyně přátelství (2673 osob), s větším odstupem pak Dámská jeskyně (1271 osob), Pytlácká jeskyně (1006 osob), Jeskyně Přátel přírody (814 osob), Ledová jeskyně (690 osob), Jeskyně nadějí (440 osob), Stelzigova jeskyně (375 osob), Rytířský sklep (143 osob) a Cipískova jeskyně (97 osob) (viz graf č. 2 a 3).

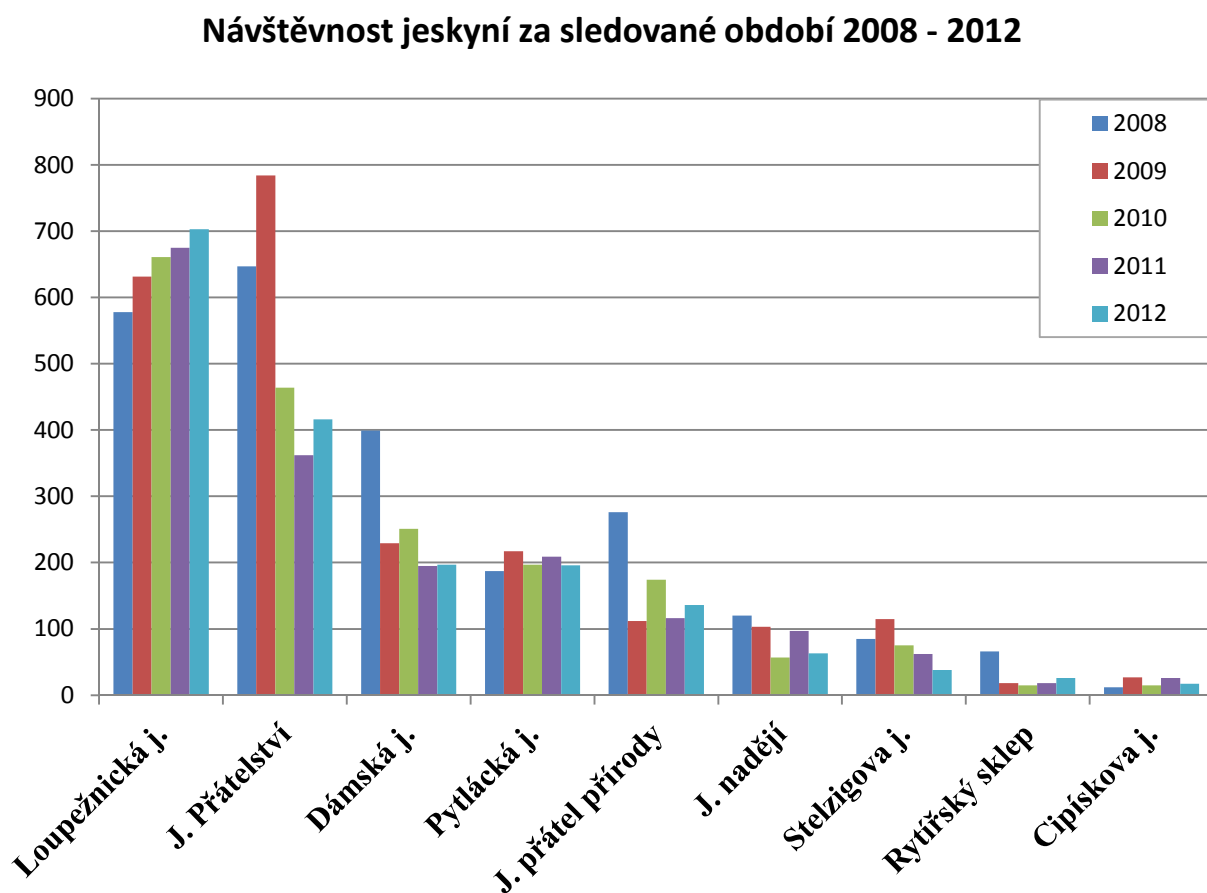


**Graf č. 2:** Jeskyně podle sumy návštěvnosti za sledované období od 1. 1. 2008 do 31. 12. 2012.

Ve vztahu k hibernačnímu období letounů, které je určeno výjimkami udělovaným pro speleologickou činnost jako období od 1. 10. do 30. 4., jsem kvantifikoval počet návštěvníků, kteří navštívili jeskyni mimo tohoto období a během něj. Během období hibernace navštívilo sledované jeskyně celkem 5305 osob (49,3 %), mimo období hibernace pak 5451 osob (50,7 %). Ve většině jeskyní přesahoval podíl návštěvnosti během

hibernačního období 50 % z celkové návštěvnosti jeskyně. Výjimku tvořila Jeskyně přátelství, kde tento podíl návštěvnosti činil 36 %, Ledová jeskyně (45 %) a Jeskyně nadějí (47 %) (viz graf č. 2 a příloha č. I).

Poměr národnosti návštěvníků byl odhadnut podle zápisů. Celkový poměr národnosti byl u všech sledovaných jeskyní následující: Německé 76,1 %, České 22,4 % a ostatní 1,5 %. Jednotlivé jeskyně však vykazovaly rozdíly, avšak lze konstatovat, že kromě Stelzigovy jeskyně prakticky ve všech jeskyních převažoval počet návštěvníků z Německa (viz příloha č. I).



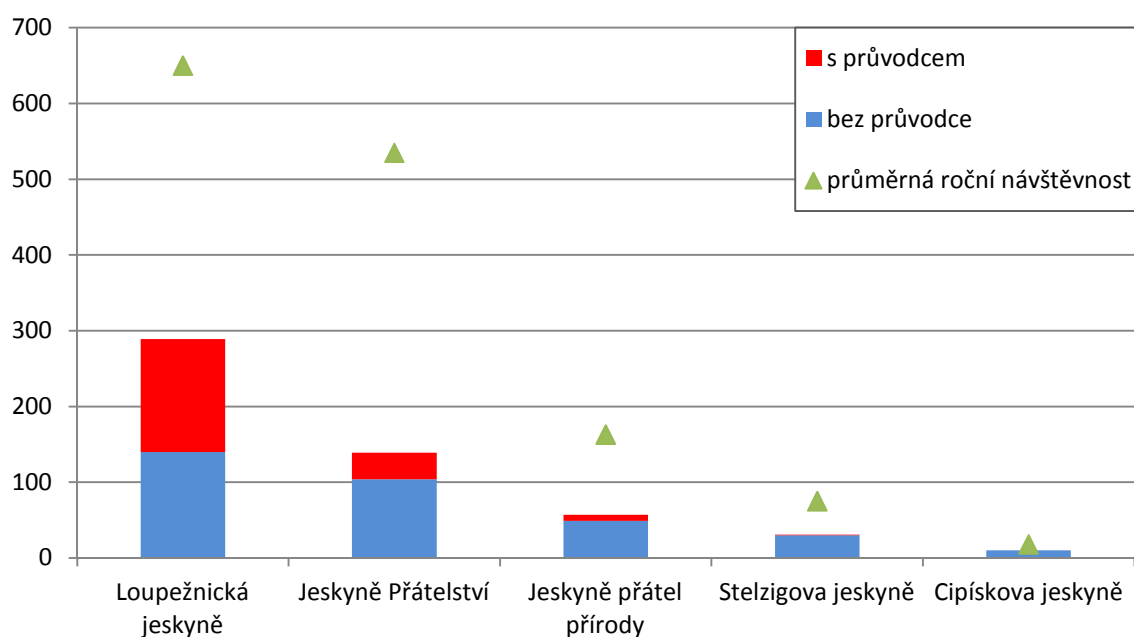
**Graf č. 3:** Celková návštěvnost během let 2008-2012 jednotlivých jeskyní.

## 4.2 Výsledky anketního šetření

Dotazníky byly v jeskyních umístěny po dobu dvou let, od května 2011 do května 2013. Během šetření bylo návštěvníky vyplněno celkem 565 dotazníků. Množství vyplněných dotazníků odpovídá návštěvnosti jeskyní (viz graf č. 4). Nejvíce vyplněných

dotazníků bylo získáno z Loupežnické jeskyně (311), dále pak z Jeskyně přátelství (153), Jeskyně přátel přírody (58), Stelzigovy jeskyně (32) a Cipískovy jeskyně (11). Souhrnné grafy a data výsledků anketního šetření jsou uvedeny v příloze č. II.

### Počet respondentů a průměrná roční návštěvnost (2008-2012) podle jeskyní



**Graf č. 4:** Počet respondentů, kteří využili a nevyužili služeb profesionálního průvodce, vztahených k jednotlivým jeskyním a průměrná roční návštěvnost jeskyní.

#### 1. Pohlaví

V otázce pohlaví většinově převažují mezi respondenty muži (419) nad ženami (146).

#### 2. Věk

Největší počet respondentů náležel do kategorie 25–39 let (241), dále pak s větším odstupem do kategorie 18–24 let (123), 40–59 let (115) a 0–17 let (84). Do kategorie 60 a více let pak spadali pouze 2 respondenti.

#### 3. Nejvyšší dosažené vzdělání

V otázce týkající se vzdělání respondentů převažovali respondenti s vysokoškolským vzděláním (246), následovali středoškolsky vzdělaní respondenti s maturitou (151), středoškolsky vzdělaní respondenti bez maturity (105) a respondenti se základním vzděláním (63).

#### 4. Národnost

V otázce národnosti převažovali respondenti, kteří uvedli německou národnost (362) nad respondenty kteří uvedli národnost českou (192). Zbýlých 11 respondentů uvedlo jinou národnost. Mezi respondenty jiné národnosti bylo třikrát zastoupeno Holandsko, dvakrát Francie a Rusko, jedenkrát Rumunsko, Slovensko, Švédsko a Švýcarsko.

#### 5. Místo trvalého bydliště

**Tabulka č. 3:** Rozdělení respondentů podle vzdálenosti místa bydliště od zájmové oblasti.

| Vzdálenost   | Počet respondentů | Kumulativní počet respondentů | Počet okresů ve výběru |     | Počet respondentů na okres |
|--------------|-------------------|-------------------------------|------------------------|-----|----------------------------|
|              |                   |                               | ČR                     | SRN |                            |
| do 20 km     | 80                | 80                            | 1                      | 1   | 40                         |
| 20 – 40 km   | 66                | 146                           | 3                      | 3   | 11                         |
| 40 – 80 km   | 180               | 326                           | 8                      | 8   | 11,3                       |
| 80 – 160 km  | 79                | 405                           | 25                     | 28  | 1,5                        |
| 160 – 320 km | 75                | 480                           | 37                     | 127 | 0,5                        |
| 320 – 640 km | 39                | 519                           | 3                      | 267 | 0,1                        |

Při sumarizaci výsledků bydliště respondentů lze konstatovat, že největší počet respondentů pocházel z kraje Drážďanského (188), s odstupem pak z kraje Ústeckého (85). A s dalšími odstupy následuje Berlín (37), Chemnitz (33), Liberecký kraj (32), Hlavní město Praha (27), Leipzig (20), Thüringen (15), Schleswig-Holstein (13), Středočeský kraj (13), Brandenburg (11). Ostatní kraje zastupoval počet respondentů menší než pět. Data získaná z této otázky jsou zobrazena v kartogramech v příloze č. V (mapový list č. 5 – 8).

#### 6. Časová náročnost cesty k jeskyni

Doba trvání cesty k jeskyni je hodnotou poukazující na čas, který návštěvníci věnují cestě za svým cílem. Obvykle souvisí se vzdáleností místa bydliště respondenta. Nejvíce respondentů uvedlo dobu delší než 3 hodiny (138) a dobu do 1 hodiny (130). Dále pak dobu do 1,5 hodiny (98), do 2 hodin (79), do 3 hodin (71) a do 0,5 hodiny (49).

#### 7. Dopravní prostředek použitý pro cestu do blízkosti jeskyně

Mezi dopravními prostředky, které návštěvníky dopravily do blízkosti jeskyně, byla nejvíce uvedena možnost auto (444), s velkým odstupem následoval vlak (82), autobus (28) a možnost jinak (41).

#### 8. Zdroj informací o lokalizaci jeskyně

O jeskyni se většina respondentů dozvěděla od druhé osoby (383), s velkým

odstupem následuje skupina respondentů, kteří se o jeskyni dozvěděli z literatury (88), z internetu (50) nebo jiným způsobem (44).

### **9. Využití služeb profesionálního průvodce**

Jeskyně většina respondentů navštívila bez profesionálního průvodce (350), avšak s profesionálním průvodcem navštívila jeskyně také početná část respondentů (215). Počet respondentů, kteří využili služeb profesionálního průvodce se pak mezi jednotlivými jeskyněmi výrazně lišil (viz graf č. 4). Nejvíce respondentů využilo služeb profesionálního průvodce v Loupežnické jeskyni (52 %), v Jeskyni přátelství (27 %) a v Jeskyni přátel přírody (16 %). V případě Cipískovy jeskyně a Stelzigovy jeskyně byl počet respondentů, kteří uvedli, že jeskyně navštívili s profesionálním průvodcem menší než 1 %.

### **10. Četnost návštěv jeskyní v zájmové oblasti**

Jeskyně v Labských pískovcích navštívila většina respondentů vůbec prvně (331), menší část je pak navštěvuje občasně (169) a nejméně respondentů uvedlo možnost, že jeskyně navštěvuje pravidelně (65).

### **11. Zájmy respondentů**

Respondenti se nejvíce věnují lezení (250), s větším odstupem pak jiným zájmům (155), turistice (117) a nakonec geocachingu (23) a speleologii (20).

### **12. Motivace respondentů pro návštěvu jeskyně**

K návštěvě jeskyně byli respondenti nejvíce motivováni adrenalinem a dobrodružstvím (286) a sportovním vyžitím (171). Dále šlo o jinou motivaci (42), o vědu a poznání přírody (37) a někteří respondenti uvedli možnost, že neví (29).

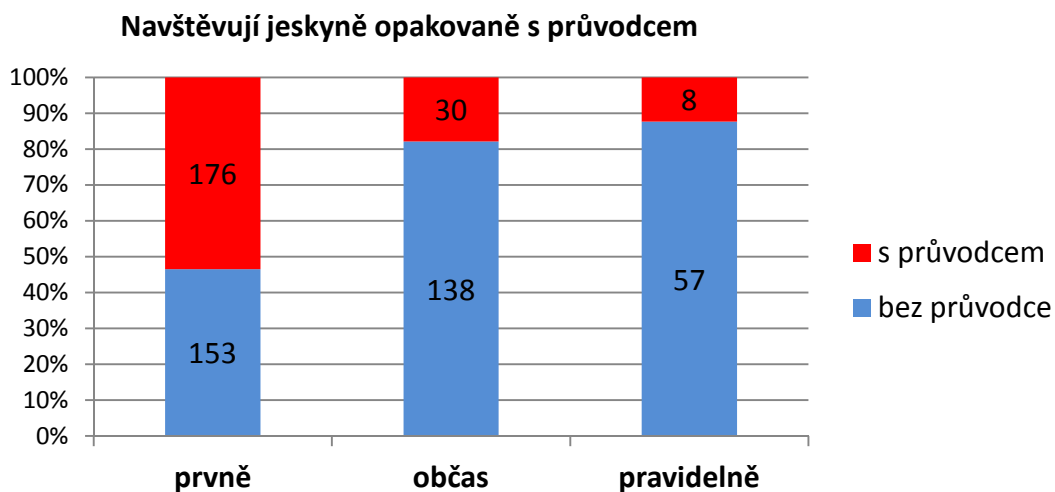
### **13. Cíl cesty respondentů do zájmového území**

Pro většinu respondentů byla hlavním cílem cesty do oblasti návštěva jeskyní (414). Respondentů, kteří odpověděli opačně, bylo podstatně méně (151).

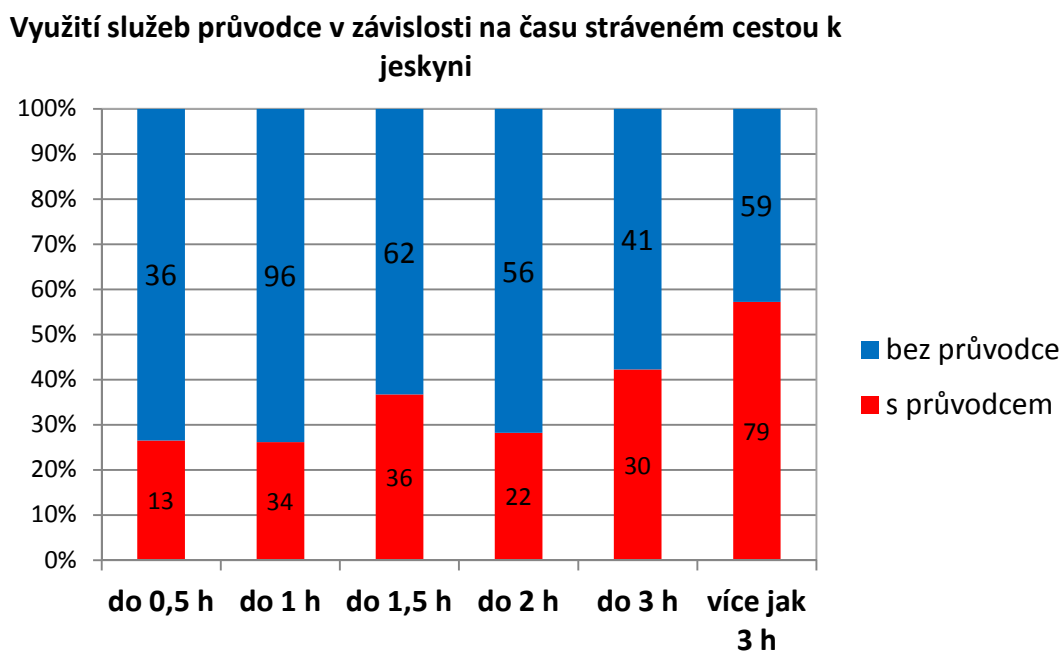
### **14. Opakování návštěvy jeskyní**

Většina respondentů uvedla, že má v úmyslu zdejší jeskyně znovu navštívit (340), na možnost, že jeskyně již v úmyslu navštívit nemá, odpověděla však také velké část (201), svou opětovnou návštěvu zvažoval menší počet respondentů (24).

### Závislosti z anketního šetření

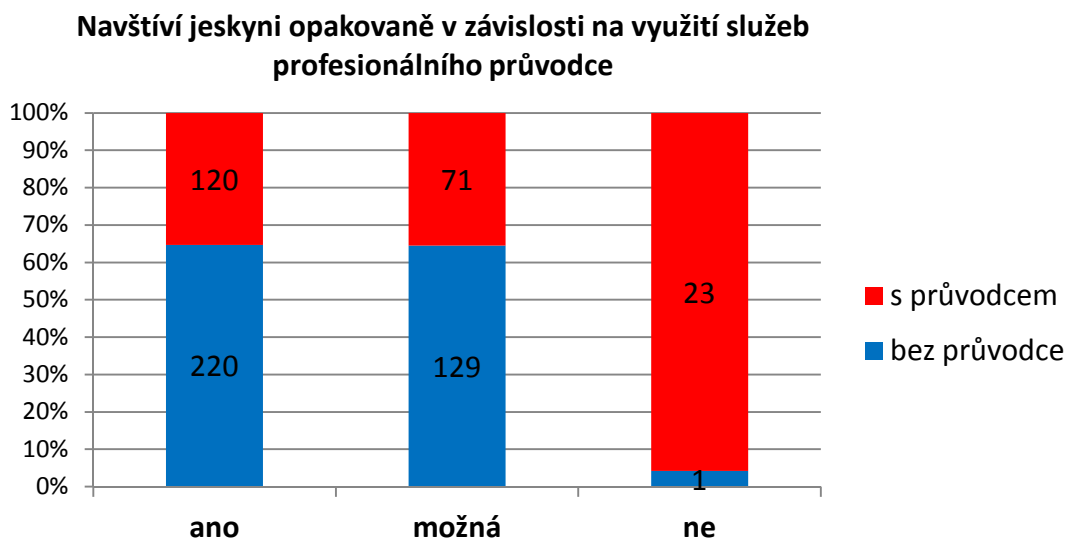


**Graf č. 5:** Souvislost mezi tím jak často respondenti navštěvují jeskyně v zájmové oblasti a tím zdali využili služeb profesionálního průvodce ( $P < 0.0001$ ).

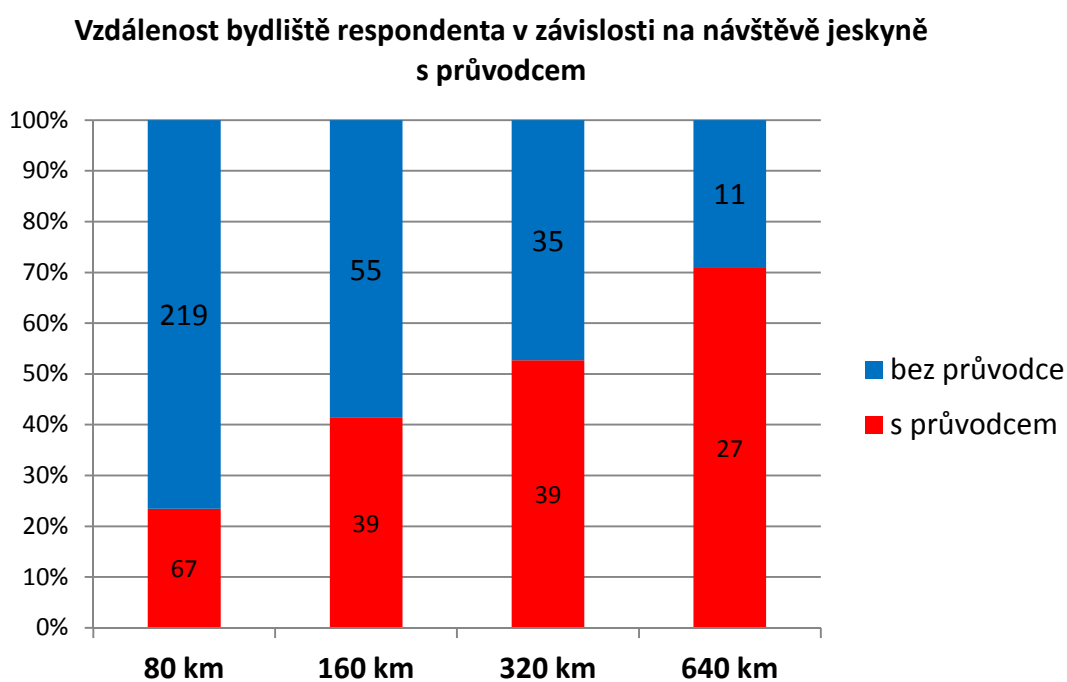


**Graf č. 6:** Souvislost mezi časem stráveným dopravou do blízkosti jeskyně a tím, zda respondenti využili služeb profesionálního průvodce ( $P < 0.0001$ ).





**Graf č. 7:** Souvislost mezi tím, zda respondent hodlá návštěvu jeskyně zopakovat a tím zda využil služeb profesionálního průvodce ( $P < 0.0001$ ).



**Graf č. 8:** Souvislost mezi vzdáleností bydliště respondentů a tím, zda respondent využil služeb profesionálního průvodce ( $P < 0.0001$ ).

#### ***Neprokázané závislosti:***

Souvislost mezi národností respondenta a tím zda využil služeb profesionálního průvodce ( $P = 0,3990$ ).

Souvislost mezi národností a tím, jak často respondent jeskyni navštěvuje ( $P = 0,2551$ ).

### 4.3 Výsledky analýzy PLFA

Celkem bylo analyzováno 22 vzorků ze 3 jeskyní. Zimním měřením pomocí minimomaximálních teploměrů bylo zjištěno, že v žádném odběrovém místě nedošlo během zimy 2012/2013 k promrzání půdy.

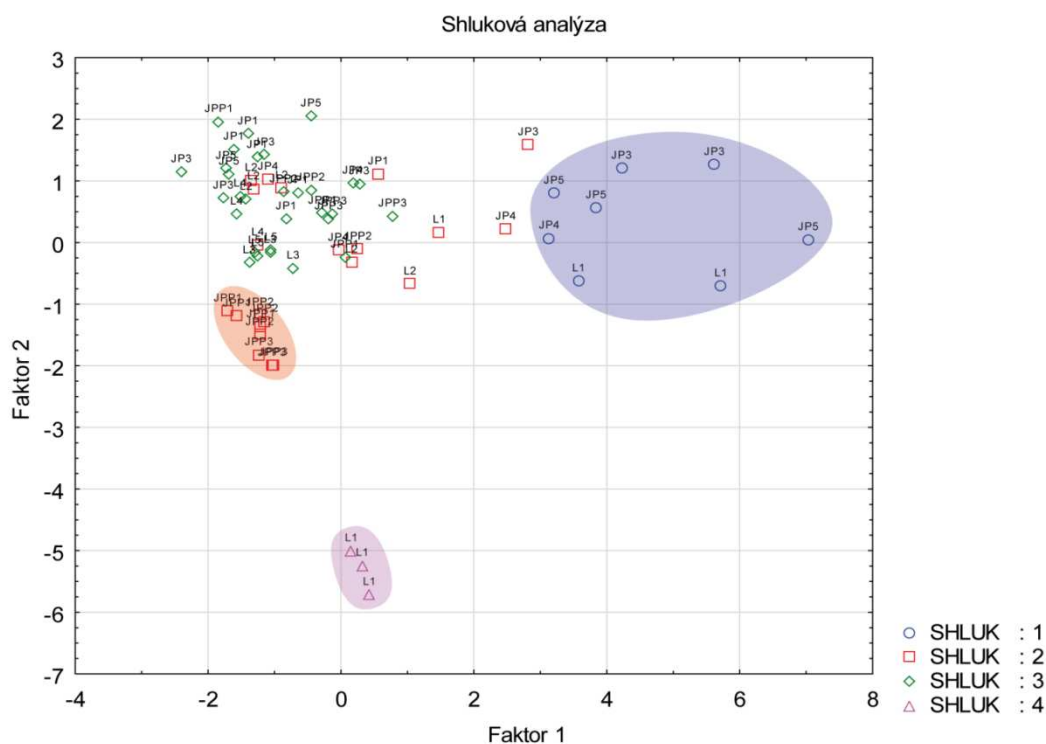
Kompletní výsledky analýzy PLFA včetně všech hodnot a popisných statistických ukazatelů jsou uvedeny v příloze č. IV. Místa odběru vzorků jsou zakreslena v plánech jeskyní v příloze č. VI.

**Tabulka č. 4:** Neparametrické porovnání pomocí Mann-Whitneyova testu. Červeně označené hodnoty vykazují signifikantní rozdíl mezi místy se sešlapem a bez sešlapu. G+ = grampozitivní bakteri; G- = gramnegativní bakterie;

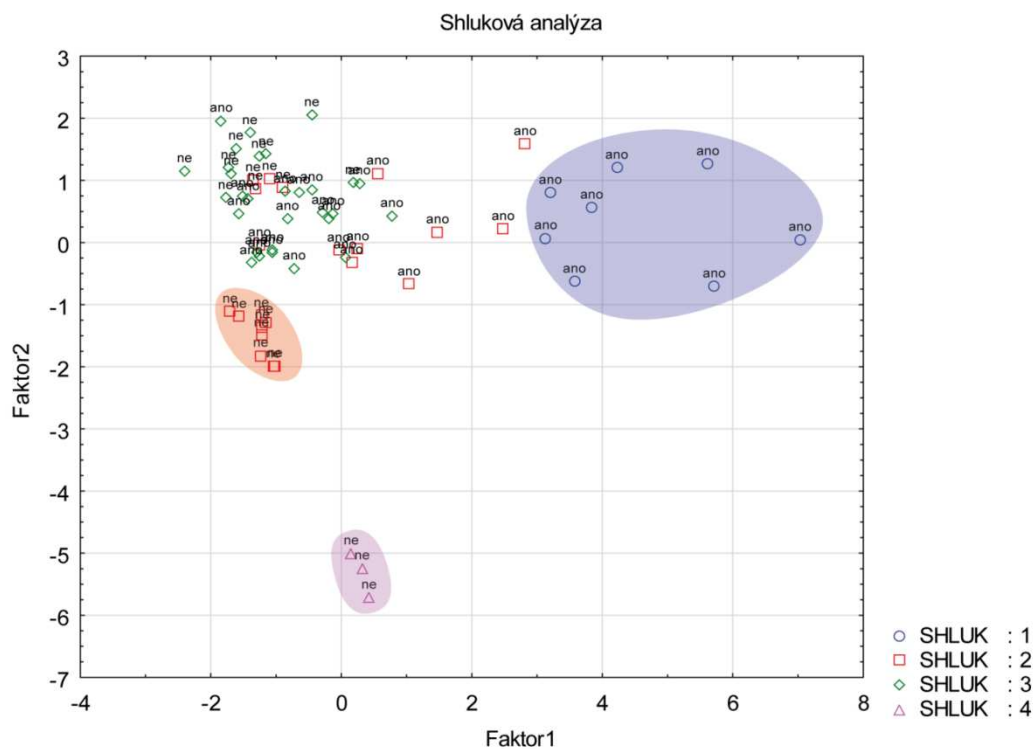
|                        | Medián<br>sešlap ano | Medián<br>sešlap ne | p-hodnota | Výsledek testu    |
|------------------------|----------------------|---------------------|-----------|-------------------|
| PLFAtot                | 5,6232               | 7,0676              | 0,3079    | Nevýznamný rozdíl |
| houby                  | 0,1067               | 0,0149              | 0,0000    | Významný rozdíl   |
| bakterie               | 2,0659               | 1,2203              | 0,0015    | Významný rozdíl   |
| G+ bakterie            | 0,7765               | 0,3543              | 0,0000    | Významný rozdíl   |
| G- bakterie            | 0,7344               | 0,2346              | 0,0051    | Významný rozdíl   |
| aktinomycety           | 0,5141               | 0,1972              | 0,0000    | Významný rozdíl   |
| prvoci                 | 0,0000               | 0,0000              | 0,3843    | Nevýznamný rozdíl |
| houby/bakterie         | 0,0733               | 0,0481              | 0,0174    | Významný rozdíl   |
| G+/G-                  | 1,2762               | 0,8260              | 0,0167    | Významný rozdíl   |
| cy/pre (nutriční hlad) | 1,133006             | 0,534828            | 0,1334    | Nevýznamný rozdíl |
| trans/cis (stres)      | 0,009110             | 0,122267            | 0,0001    | Významný rozdíl   |

**Tabulka č. 5:** Tabulka hodnot Spearmanova korelačního koeficientu. Červené hodnoty vykazují signifikantní rozdíl. G+ = grampozitivní bakteri; G- = gramnegativní bakterie; horizontální vzdálenost = vzdálenost odběrového místa od vchodu do jeskyně.

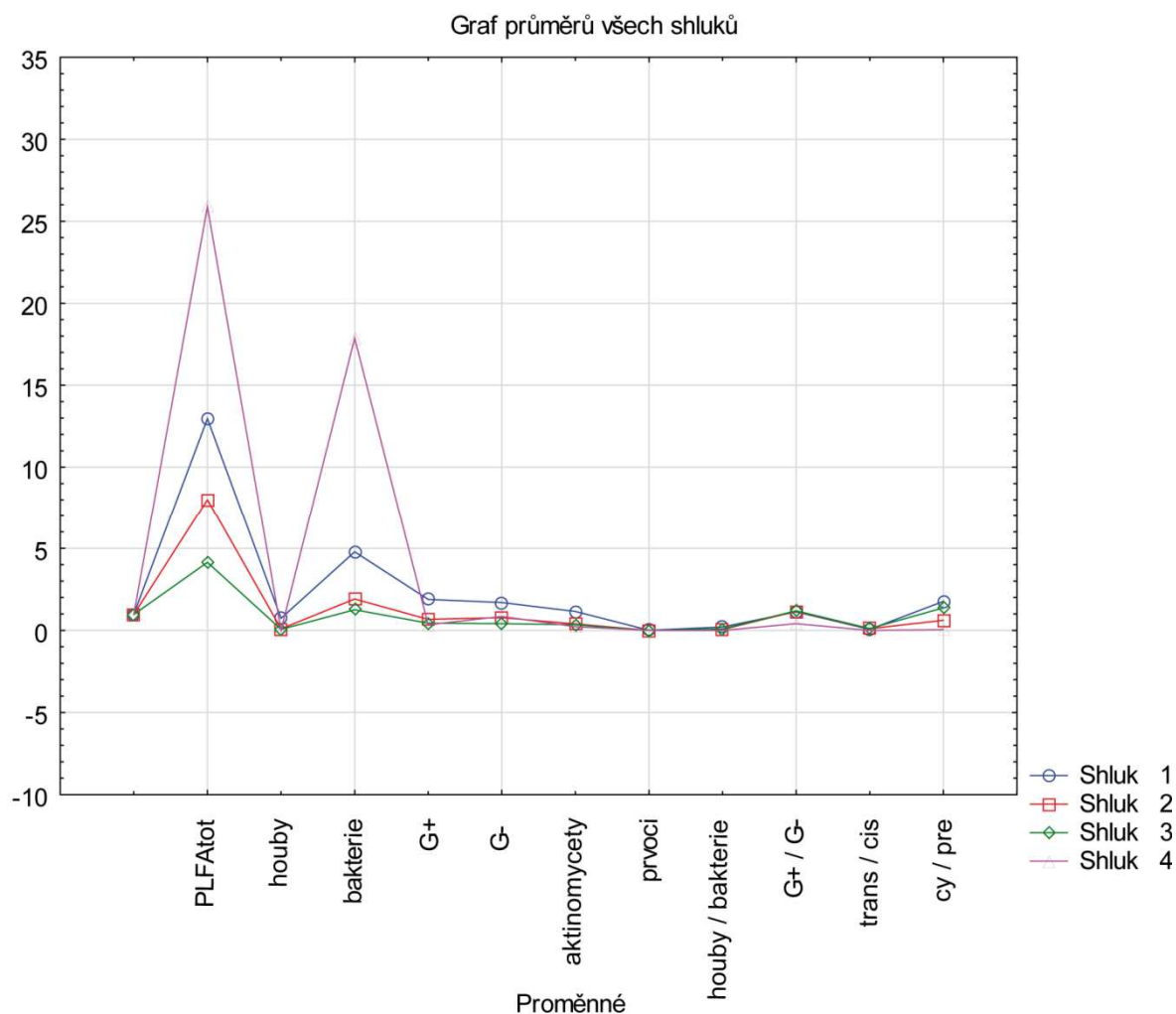
|                        | Horizontální vzdálenost | Návštěvnost |
|------------------------|-------------------------|-------------|
| PLFA <sub>tot</sub>    | -0,35                   | 0,07        |
| houby                  | -0,30                   | 0,19        |
| bakterie               | -0,39                   | -0,04       |
| G+ bakterie            | -0,11                   | 0,06        |
| G- bakterie            | -0,22                   | -0,31       |
| Aktinomycety           | -0,45                   | 0,13        |
| prvoci                 | -0,29                   | 0,25        |
| houby/bakterie         | -0,45                   | 0,19        |
| G+/G-                  | 0,10                    | 0,68        |
| trans/cis (stres)      | -0,18                   | -0,74       |
| cy/pre (nutriční hlad) | -0,30                   | -0,14       |



**Graf č. 9:** Shluková analýza výsledků stanovení PLFA. Barevně jsou odlišeny vymezuující se shluky podle kódu vzorku. Faktor 1 a faktor 2 představují neidentifikované faktory vypočítané z analýzy hlavních komponent.



**Graf č. 10:** Shluková analýza výsledků PLFA. Barevně jsou odlišeny vymezuující se shluky podle toho, zda se jedná o místo ovlivněné sešlapem nebo ne.



**Graf č. 11:** Graf průměrů hodnot všech shluků.

#### Vymezující se shluky:

- Místo L1 bez sešlapu (**shluk 4**) má v porovnání s ostatními vysoké hodnoty PFLA, bakterie.
- Místo JP3, JP4 a JP5 se sešlapem (**shluk 1**) má vysoké hodnoty proměnných Houby, aktinomycety, G+.
- Místa JPP1, JPP2 a JPP3 bez sešlapu (**shluk 2**) mají vysokou hodnotu stresu a nízkou hodnotu G+/G-

Poslední shluk 3 (zbylá místa se sešlapem i bez něj) vykazují průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů.

## 4.4 Analýza zranitelnosti

### 4.4.1 Monitoring ochranný významných druhů

**Tabulka č. 6:** Zjištěné ochranný významné druhy vyskytující se v jeskyních v NPR Kaňon Labe během let 2008 – 2012. + zaznamenán výskyt (1-2 jedinci); ++ zaznamenán četnější výskyt (3-5 jedinců); +++ zaznamenán hojný výskyt (6 a více jedinců); - výskyt nezjištěn.

|                        | <i>Troglophilus neglectus</i> | <i>Salamandra salamandra</i> | <i>Myotis myotis</i> | <i>Rhinolophus hipposideros</i> | Jiný druh letouna |
|------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|
| Bílá jeskyně           | +                             | -                            | -                    | -                               | -                 |
| Cipískova jeskyně      | -                             | -                            | ++                   | +++                             | +                 |
| Dámská jeskyně         | -                             | -                            | -                    | +                               | -                 |
| Hübnerova jeskyně      | -                             | -                            | -                    | +                               | -                 |
| Jeskyně nadějí         | +                             | -                            | -                    | ++                              | -                 |
| Jeskyně O. Mörtzsche   | ++                            | -                            | +                    | +                               | -                 |
| Jeskyně přátel přírody | +                             | -                            | +                    | ++                              | +                 |
| Jeskyně přátelství     | +++                           | +                            | ++                   | -                               | +                 |
| Kabinet přírodovědy    | -                             | -                            | +                    | +++                             | -                 |
| Krakonošova jeskyně    | -                             | -                            | -                    | ++                              | -                 |
| Ledová jeskyně         | -                             | -                            | -                    | -                               | +                 |
| Lesní díra             | -                             | +++                          | -                    | +                               |                   |
| Loupežnická jeskyně    | -                             | -                            | +                    | -                               | +                 |
| Máslová díra           | -                             | -                            | +                    | -                               | -                 |
| Netopýří jeskyně       | -                             | -                            | -                    | +++                             | -                 |
| Pytlácká jeskyně       | -                             | -                            | -                    | -                               | +                 |
| Rytířský sklep         | -                             | -                            | -                    | -                               | -                 |
| Stelzigova jeskyně     | -                             | -                            | -                    | +                               | -                 |
| Ulita                  | ++                            | -                            | -                    | -                               | -                 |
| Vlčí jeskyně           | -                             | -                            | -                    | -                               | +                 |

#### 4.4.2 Tabulka zranitelnosti

Pomocí postupu uvedeného v metodice jsem sestavil následující tabulku teoretické citlivosti jeskynních biotopů na impakt. Výstup dat pomocí analýzy v programu ArcMap je uveden v příloze č. V (mapový list č. 9).

**Tabulka č. 7:** Zranitelnost jeskynních biotopů, řazeno podle zranitelnosti letounů. Zvýrazněny jsou tři první jeskyně s největší hodnotou průměrné roční návštěvnosti.

| Název jeskyně                | Koeficient<br>impaktu | Index<br>letouni | Index<br>fauna<br>celkem | Zranit.<br>letouni | Zranit. fauna<br>celkem | Návštěvnost<br>(2008-2012) |
|------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------|
| Cipískova j.                 | 2,15                  | 6                | 6                        | 12,90              | 12,90                   | 18                         |
| Kabinet<br>přírodovědy       | 2,37                  | 4                | 4                        | 9,49               | 9,49                    | < 10                       |
| <b>J. přátel<br/>přírody</b> | <b>1,93</b>           | <b>4</b>         | <b>6</b>                 | <b>7,73</b>        | <b>11,60</b>            | <b>163</b>                 |
| Netopýří j.                  | 2,17                  | 3                | 3                        | 6,50               | 6,50                    | < 10                       |
| <b>J. přátelství</b>         | <b>1,68</b>           | <b>3</b>         | <b>7</b>                 | <b>5,04</b>        | <b>11,76</b>            | <b>535</b>                 |
| Krakonošova j.               | 2,32                  | 2                | 2                        | 4,63               | 4,63                    | < 10                       |
| J. Otto<br>Mörtzsche         | 2,13                  | 2                | 4                        | 4,26               | 8,53                    | < 10                       |
| Mechová j.                   | 2,11                  | 2                | 3                        | 4,22               | 6,33                    | < 10                       |
| <b>Loupežnická j.</b>        | <b>1,95</b>           | <b>2</b>         | <b>2</b>                 | <b>3,89</b>        | <b>3,89</b>             | <b>650</b>                 |
| Lesní díra                   | 2,20                  | 1                | 4                        | 2,20               | 8,80                    | < 10                       |
| Ledová j.                    | 2,05                  | 1                | 1                        | 2,05               | 2,05                    | 136                        |
| Stelzigova j.                | 2,03                  | 1                | 1                        | 2,03               | 2,03                    | 75                         |
| Hübnerova j.                 | 2,00                  | 1                | 1                        | 2,00               | 2,00                    | < 10                       |
| Pytlácká j.                  | 1,97                  | 1                | 1                        | 1,97               | 1,97                    | 201                        |
| Dámská j.                    | 1,86                  | 1                | 1                        | 1,86               | 1,86                    | 254                        |
| Máslová díra                 | 1,80                  | 1                | 1                        | 1,80               | 1,80                    | < 10                       |
| Vlčí jeskyně                 | 1,79                  | 1                | 1                        | 1,79               | 1,79                    | < 10                       |
| Bílá j.                      | 2,00                  | 0                | 1                        | 0,00               | 2,00                    | < 10                       |
| Rytířský sklep               | 1,95                  | 0                | 0                        | 0,00               | 0,00                    | 29                         |
| Ulita                        | 2,47                  | 0                | 1                        | 0,00               | 2,47                    | < 10                       |

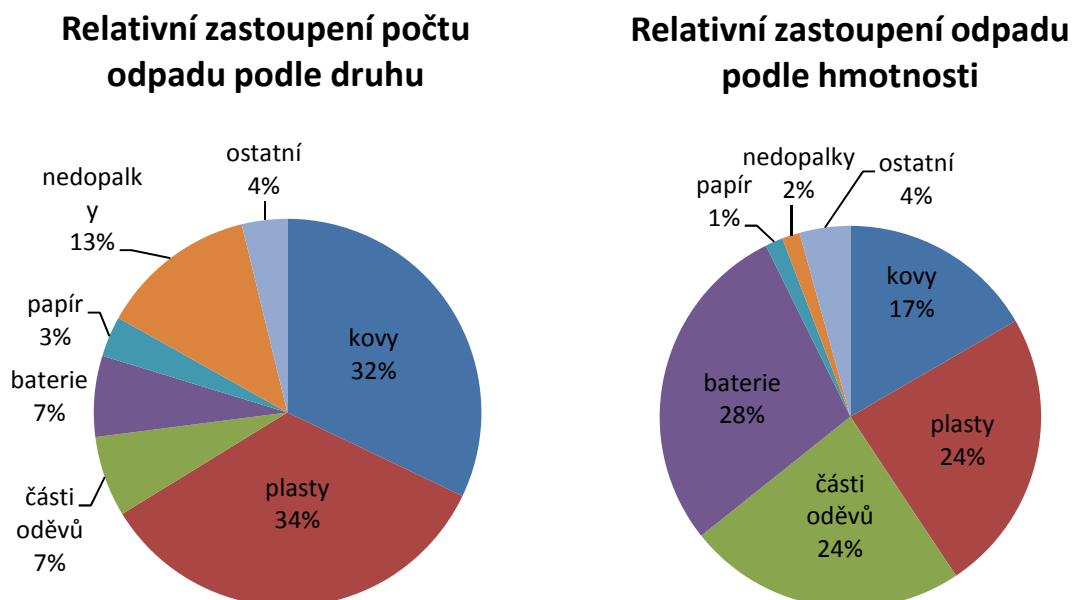
## 4.5 Zhodnocení antropogenních zásahů

### 4.5.1 Analýza odpadu

Kumulace odpadů v jeskyni byla často v místech, která umožňovala dlouhodobější setrvání osob. Odpad se také kumuloval na dnech depresí a propastí.

Většinové zastoupení odpadu tvořily plasty a kovy. Plasty byly zastoupeny především igelitovými obaly a částmi svítlen. Kovy z naprosté většiny zastupovaly hliníkové obaly od vyhořelých svíček. Velká část odpadu byla tvořena předměty, které tvoří součást vybavení potřebného pro pohyb v jeskyni nebo částmi oděvů. Nicméně například nedopalky, které tvořily třetí početně nejvíce zastoupenou skupinu odpadu, svědčí také o nevhodném chování v jeskyni.

Celkový počet sesbíraného odpadu byl 237 kusů o celkové hmotnosti 2320 g.



Graf č. 12 a 13: Relativní zastoupení odpadu z jeskyní podle počtu kusů a hmotnosti.

### 4.5.2 Zhodnocení ostatních zásahů

#### Loupežnická jeskyně

Ke vchodu do jeskyně vede znatelně vyšlapaná cesta, která kopíruje horní hranu skalního masivu až k místu, kde se sestupuje na skalní etáž s jeskynním vchodem. Jde o nejvíce zřetelnou přístupovou cestu, ze všech sledovaných jeskyní. V nejexponovanějším místě dosahuje pěšina šířky 1,5 m.

V interiéru jeskyně se v některých pasážích objevují místa opálená od plamenů



svíček. Hlubší zásah do skalní stěny pak představuje pouze několik jistících prvků využívaných pro sestup na dno jeskyně a několik vyrytých ukazatelů určujících směr postupu v jeskyni. Sediment v jeskyni je zhutněn vlivem vysoké návštěvnosti. Na stěnách jeskyně je patrné znečištění zapříčiněné kontaktem návštěvníků se stěnami.

### **Jeskyně přátelství**

K jeskyni návštěvníci dle mého pozorování přicházejí nejčastěji od parkoviště u ústí Suché Kamenice. Následně stoupají suťovou strání mezi skalními bloky až ke vstupu do jeskyně. Jelikož jde o poměrně složitý terén, kde lze volit několik variant průstupu svahu, není zde dominantně vyšlapána cesta, ale pěšin je více a v terénu nejsou příliš zřetelné. Obvykle nepřesahují šířku 0,4 m.

V interiéru jeskyně se objevuje pouze několik opálených míst, iniciál a rýh vyškrábaných do skalní stěny. Jiné zásahy do stěn nejsou prakticky patrné. Sediment je v mnoha místech zhutněn vlivem vysoké návštěvnosti. Většinou je však dno jeskyně tvořeno skalní sutí.

### **Jeskyně přátel přírody**

Nejzřetelnější pěšina se odklání od lesní cesty, vede po vrstevnici a kopíruje patu skalního masivu až k jeskynnímu vchodu. Vchod do jeskyně se nachází v relativně nepřehledném terénu, tvořeném skalní sutí a bloky. Jelikož je terén náročný na průchod, v několika místech se pěšina rozděluje a je velmi špatně znatelná. Pěšina nepřesahuje šířku vyšlapání 0,4 m.

V interiéru jeskyně je větší množství opálených míst koncentrováno v místnosti na dně jeskyně. V několika menších dómech jsou v jílovitých stěnách jeskyně vytlačeny nápisy, avšak nejedná se o hlubší zásahy. Sediment je obvykle zhutněn a v některých místech rovněž erodován.

### **Cipískova jeskyně**

Sotva znatelná přístupová pěšina odbočuje z cesty využívané horolezci, která kopíruje patu skalního masivu. Pěšina stoupá do prudkého svahu, kde se nachází vchod jeskyně. Šíře pěšiny je neurčitá.

Interiér jeskyně je zachovalý. V některých místech se objevuje slabší eroze sedimentu. Na dně jeskyně se nachází několik opálených míst. Vážnější zásahy do stěn prakticky nejsou patrné, vyjma jednoho staršího jistícího prvku.

### **Stelzigova jeskyně**

Úzká pěšina k jeskyni odbočuje ze staré lesní cesty nacházející se ve svahu pod

skalami. Pěšina stoupá do prudkého kopce a v některých místech je zpevněna schůdky z neopracovaných kamenů pravděpodobně z dob před rokem 1945. Šíře pěšiny v současnosti nepřesahuje 0,4 m.

Interiér jeskyně je poměrně značně poznamenán návštěvností. Zejména jde o nápisy a rytiny na stěnách jeskyně, v naprosté většině jsou datovány v období před rokem 1945, kdy byla pravděpodobně jeskyně oblíbeným turistickým cílem. V některých místech se objevují také sekané stupy.

## **5 Diskuze**

### **5.1 Kvantifikace návštěvnosti jeskyní**

Kvantifikace návštěvnosti jeskyní vychází z pětiletých časových řad. Jak vyplývá i z dalších prací zabývajících se kvantifikací návštěvnosti ze zápisových knih jeskyní v zájmovém území (Winkelhöfer 1997, 2001; Marwan 1997), lze konstatovat, že vysoká návštěvnost určitých jeskyní se zdá být dlouhodobým trendem, minimálně v posledních 20-ti letech. Hlavními cíli speleoturistiky v oblasti je však pouze několik málo jeskyní, které svou návštěvností vysoce převyšují ostatní. Tento trend může být zapříčiněn zejména jejich větší speleologickou atraktivitou.

Z hlediska problematiky ochrany přírody je důležitým aspektem dopadu návštěvnosti na jeskyně zejména podíl té návštěvnosti, která časově spadá do období hibernace letounů. Z výsledků vyplývá, že tento podíl činí 49 % z celkové návštěvnosti všech sledovaných jeskyní za sledované období. V rámci jeskyní se liší, nicméně s výjimkou Jeskyně přátelství všude přesahuje 45 %. Jak vyplývá ze starších dat například z Loupežnické jeskyně, tvořila návštěvnost během hibernačního období letounů podstatný podíl i v minulosti (viz příloha 1, graf č. 14).

Z hlediska legislativního pohledu je prakticky veškerá návštěvnost jeskyní v zájmovém území od vzniku NPR Kaňon Labe v roce 2010 v rozporu s § 29 ZOPK, který definuje zákaz vstupu mimo značené cesty v NPR, s výjimkou určených osob. Porovnáme-li celkovou návštěvnost před a po vyhlášení NPR, zjistíme, že došlo ke snížení celkové návštěvnosti jeskyní o 23 %. Avšak vzhledem k malému počtu dat nelze s jistotou tvrdit, zda se jedná o účinek legislativního opatření nebo může za snížením návštěvnosti zcela jiný faktor. Pro takový úsudek bude třeba dlouhodobější časová analýza.

### **5.2 Anketní šetření**

Výsledky anketního šetření poukazují na profil návštěvníků. Většinou jde o osoby středního a mladšího věku, převážně mužského pohlaví, což je očekávaný výsledek vzhledem k náročnosti průstupu jeskyně. Z hlediska národnosti uvedla většina respondentů národnost německou. Tento fakt lze srovnat s odhadem národnosti návštěvníků vycházející z analýzy kvantifikace návštěvnosti z jeskyních knih (viz příloha I, graf 17). Výsledek se

liší pouze o 10 % na úkor osob německé národnosti, vůči osobám národnosti české. Podíl osob jiné národnosti je prakticky shodný, nepřekračuje 2 %. To potvrzuje hypotézu, že jeskyně navštěvují více občané SRN než občané ČR. Tento fakt je pravděpodobně zapříčiněn jednak delší tradicí speleologie v sousedním Sasku a jednak skutečností, že bylo v Německu vydáno již několik speleologických průvodců, které obsahují podrobné popisy a mapy lokalizací jeskyní v zájmovém území (Winkelhöfer 1997; Bellmann 2010). Převaha návštěvníků cizí národnosti může svědčit také o jistém rozporu mezi přístupy a cíly ochrany přírody v ČR a SRN. Zde je třeba zmínit, že německá legislativa nevěnuje ochraně jeskyní takovou pozornost jako legislativa česká (viz kapitola 1.8.1).

Z rozboru vzdálenosti bydliště respondentů od zájmové oblasti vyplývá, že 74% ze všech respondentů bydlelo v okresech spadajících do okruhu 80 km od zájmové oblasti. Majoritní podíl pak měly Drážďanský a Ústecký kraj, z nichž pocházelo celkově 53 % respondentů. Jak vyplývá z tohoto šetření, majoritní návštěvnost jeskyní je tvořena především osobami z krajů blízkých zájmovému území. To může také souviset s informovaností návštěvníků. Nejvíce respondentů uvedlo, že informaci o lokalizaci jeskyně získalo od druhé osoby (69 %) a až s velkým odstupem následovala možnost o získání informací z literatury (15 %) a internetu (8 %). Nižší míra informovanosti z globálních zdrojů napovídá tomu, že povědomí o těchto jeskyních není veřejně příliš rozšířené.

Aspekty návštěvnosti veřejně přístupných jeskyní v ČR řešila Drbalová (2009) ve své práci „Analýza návštěvnosti jeskyní“. Některé výsledky poukazují na rozdíly v charakteru cestovního ruchu. Zejména to, že ve veřejně zpřístupněných jeskyních uvedlo 65 % respondentů jako důvod své motivace atraktivní přírodní zajímavost a pouze 10 % uvedlo možnost zábavy. Odlišný charakter návštěvnosti lze nalézt u posuzovaných jeskyní. Jak vyplývá z výsledků anketního šetření, je hlavní motivací návštěvníků adrenalin, což uvedlo 59 % respondentů a na druhém místě sportovní vyžití (24 %). Tuto odlišnost zároveň potvrzuje i fakt, že většina respondentů vybrala z nabídky jako svůj hlavní zájem skalní lezení, pak turistiku a jiné sporty. Speleologie se společně s geocachingem ocitla prakticky až na posledním místě (18 %).

Zřetelnou odlišnost lze nalézt rovněž při srovnání výsledků s prací Tomiková (2001), která se zabývala profilem návštěvníků nedalekého NP České Švýcarsko.

Forma návštěvnosti, tak jak vyplynula z anketního šetření, poukazuje tedy spíše na dobrodružnou turistiku (Pásková a Zelenka 2002). Dobrodružná a adrenalinová turistika je

v současné době celosvětový trend. Lidé jsou ochotni podstoupit během svých dovolených daleko větší míru rizika, než ve svém zaměstnání. Riziko a s tím spojené zvýšená sekrece adrenalinu se pro ně stává velice atraktivním zpestřením volnočasových aktivit (Cater 2006). Jelikož je po tomto odvětví cestovního ruchu znatelná poptávka, snaží se tomuto trendu přizpůsobit celá řada firem zprostředkovávající zážitky. V anketním šetření uvedlo 38 % respondentů, že jeskyni navštívilo s profesionálním průvodcem. Je však třeba podotknout, že v jednotlivých jeskyních jsou značné rozdíly v podílu respondentů, kteří navštívili jeskyni s profesionálním průvodcem. Tento podíl je největší v Loupežnické jeskyni, která je zároveň nejvíce navštěvovanou jeskyní v oblasti, činí 52 %. V druhé nejnavštěvovanější, Jeskyni přátelství, činí 27 %. Tyto rozdíly pravděpodobně souvisí s atraktivitou těchto jeskyní pro komerční adrenalinovou turistiku. Představu o charakteru komerčního cestovního ruchu pomohlo objasnit statistické testování dat. Statistickou analýzou pomocí testu dobré shody byla prokázána signifikantně významná závislost mezi vzdáleností, ze které návštěvník přichází a tím, zda využije služeb profesionálního průvodce. Stejná závislost se projevila rovněž v otázce týkající se doby potřebné k cestě z bydliště respondenta do blízkosti jeskyně. Lze tedy říci, že respondenti pocházející z větší vzdálenosti od zájmové oblasti, více využívali služeb profesionálního průvodce (viz příloha č. VI, mapový list č. 8). Rovněž se projevila signifikantní závislost mezi počtem opakování vstupů do jeskyně a návštěvou s profesionálním průvodcem. Respondenti, kteří navštívili jeskyni poprvé, častěji využívali služeb profesionálního průvodce. Závislost se prokázala také mezi tím, zda respondenti mají v úmyslu návštěvu zájmových jeskyní zopakovat a tím zda jeskyni navštívili s profesionálním průvodcem, kde se u respondentů s průvodcem projevila větší míra úmyslu jeskyně znovu nenavštívit. Naopak se neprokázala závislost mezi národností respondentů a využití služeb profesionálního průvodce. To jak se zdá potvrzuje fakt, že podíl komerční speleoturistiky je mezinárodní a není omezen pouze na jeden stát.

### **5.3 Analýza PLFA**

Jeskyně z hlediska poskytování životních podmínek tvoří poměrně nehostinné prostředí vzhledem k absenci fotosyntézy, avšak i v takových podmínkách se vytváří mikrobiální společenstva, která jsou propojena soustavou poměrně složitých ekologických vazeb a mohou být poměrně dosti citlivá k náhlým změnám životních podmínek (Caumartin 1963; Barton 2006). Z výsledků analýzy PLFA provedené na vzorcích ze

vzorků vybraných jeskyních jsem se snažil zjistit případný vliv návštěvnosti na mikrobiální jeskynní společenstva.

Z výsledků provedené analýzy vyplývá, že jeskynní půdy jsou dosti chudé. Většina vzorků má hodnotu celkového PLFA menší než 10 mg/kg půdy. U běžných typů venkovních půd se hodnoty celkového PLFA prakticky vždy pohybují v dvouciferných hodnotách (Bailey et al. 2002). Hodnoty poměru houby/bakterie také odpovídají spíše hodnotám charakteristickým pro chudší půdy, na rozdíl od typických lesních půd, kde jsou hodnoty poměru 0,4 i vyšší (Kaur et al. 2005). Chudost půdy pak může být v jeskynním prostředí ovlivněna zejména nižší dostupností a absencí energetických zdrojů. Poměr grampozitivních a gramnegativních bakterií byly mezi jednotlivými vzorky velice variabilní. V nenarušených půdách se blíží hodnotě 1. Podle vysoké variability a nižšího zastoupení celkových PLFA lze však usuzovat na nižší zastoupení druhů. Konkurenceschopnost jednotlivých druhů může být pak ovlivněna lokalitou. Míra stresu sledovaná pomocí poměru trans/cis izomerů se blíží standardním hodnotám.

Provedením statistické analýzy dat byla testována závislost mezi půdou ovlivněnou sešlapem a půdou nesešlapanou. Statisticky významný rozdíl se, navzdory předpokladu, v celkové biomase PLFA nepodařilo prokázat. Rozdíl byl však prokazatelný v některých ukazatelích složení mikrobiálního společenstva. Zejména se prokázalo, že sešlapaná jeskynní půda má vyšší obsah biomasy hub i bakterií všeho druhu (grampozitivní a gramnegativní bakterie, aktinomycety). Významně nižší hodnoty rovněž vykazuje ukazatel stresu (trans/cis). Nevýznamně vyšší hodnoty pak ukazatel nutričního stresu (cy/pre), což může být způsobeno nedostatkem živin nebo vyšší konkurencí mikroorganismů. Podle výsledků neparametrického porovnání lze obecně konstatovat, že sešlap, půdnímu společenstvu spíše svědčí. To může být zapříčiněno distribucí živin nebo samotných mikroorganismů návštěvníky. Přesnější určení by vyžadovalo další analýzu, zejména živin v půdě a analýzu taxonomického složení mikrobiálního společenstva.

Statistická analýza, pomocí Spearmanova korelačního koeficientu, prokázala závislost poklesu celkových PLFA, hub, bakterií i aktinomycet na horizontální vzdálenosti od vchodu jeskyně. Tento fakt je očekávatelný a pravděpodobně souvisí s horšími podmínkami distribuce hmoty a energie v jeskyni v závislosti na vzdálenosti od vchodu. Zároveň však došlo k poklesu ukazatele nutričního stresu (cy/pre), což může svědčit o úbytku konkurence v trofických vztazích ve společenstvu. Statistická analýza dále také potvrdila vliv návštěvnosti na mikrobiální společenstvo. Návštěvnost kladně ovlivňuje

zejména grampozitivní bakterie, což může být zapříčiněno již uvedenými důvody.

Shluková analýza prokázala existenci několika výrazných shluků, které vymezují místa odlišná od ostatních. Vzorek L1 (sešlap) má v porovnání s ostatními vysoké hodnoty PLFA, zejména bakterií. To je pravděpodobně dáno tím, že odběrové místo L1 se nachází relativně nejbližší vchodu jeskyně na dně 20 m dlouhé šachty. Zde lze očekávat, že depozice živin a mikrobů z venkovního prostředí bude vyšší, než v ostatních místech jeskyně. Dále bylo prokázáno, že vzorky JP3, JP4 a JP5 (sešlap) mají vysoké hodnoty proměnné pro aktinomycety, houby a grampozitivní bakterie. Další shluky JPP1, JPP2 a JPP3 bez sešlapu mají vysokou hodnotu stresu a nízkou hodnotu poměru grampozitivních a gramnegativních bakterií. U těchto shluků může být příčinou specifické prostředí stanoviště.

#### **5.4 Analýza zranitelnosti**

Výpočet zranitelnosti jeskyně jakožto biotopu chráněných druhů přiřadil každé jeskyni hodnotu, která ji vymezila vůči ostatním hodnoceným jeskyním. Za prioritní jsem považoval ochranu letounů, kteří využívají k hibernaci jak stěny, tak i strop jeskyně. Letouni během hibernace obvykle zimují ve stejných místech jeskyně, ale podle aktuálních teplotních podmínek v jeskyni mohou toto místo změnit (Horáček 1986). Proto nelze s jistotou předvídat, v jaké části jeskyně se budou nacházet.

U mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*) je potom citlivost na narušení extrémně vysoká, neboť se prakticky výhradně pohybuje po dně jeskyně. Tento druh byl zaznamenán pouze ve dvou jeskyních. Spíše náhodně byl pozorován v Jeskyni přátelství, hojný výskyt jsem však zaznamenal v jeskyni Lesní díra, kde je sice návštěvnost minimální, avšak každý vstup může mít na populaci velice nepříznivý dopad. Jeskynní chodby jsou úzké a krom usmrcení jedinců může rovněž docházet ke ztrátě úkrytů vlivem zhutnění materiálu (Elliott 2000).

Dalším sledovaným živočichem je koník jeskynní (*Troglophilus neglectus*), který se vyskytuje v několika jeskyních. Jelikož jde o druh, který byl na území ČR objeven teprve nedávno (Chládek et al. 2000), neexistuje doposud příliš informací o chování jeho populací v prostředí našich jeskyní.

Z výše uvedených důvodů jsem se rozhodl určit pořadí jeskyní pouze podle teoretického vlivu návštěvnosti na letouny. Z výsledků vyplývá, že z hlediska návštěvnosti je v největším konfliktu Jeskyně přátel přírody, která se v pořadí umístila celkově na třetím

místě, přičemž se zároveň jedná o pátou nejvíce navštěvovanou jeskyni v oblasti. Tato jeskyně je oblíbeným zimovištěm letounů, je zde čtenější výskyt vrápence malého (*Rhinolophus hipposideros*), který je na rušení na zimovišti velmi citlivý (Plesník et al. 2003). Navíc byl v jeskyni rovněž pozorován koník jeskynní (*Troglophilus neglectus*). Na páté místo se pak zařadila Jeskyně přátelství, která je druhou nejvíce navštěvovanou jeskyní v zájmové oblasti. V jeskyni byli pozorováni zimující letouni různých druhů, rovněž koník jeskynní (*Troglophilus neglectus*) a jedinec mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*). Loupežnická jeskyně, která je nejvíce navštěvovanou jeskyní v zájmové oblasti, se zařadila na desáté místo ze všech devatenácti hodnocených jeskyní. V jeskyni zimují spíše jedinci netopýra velkého (*Myotis myotis*) a některých dalších druhů netopýrů. Na rušení citlivější vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*) nebyl v jeskyni pozorován. Lze spekulovat o přímém vlivu návštěvnosti na oblíbenost zimoviště letouny, protože samotná návštěvnost nemusí být hlavním faktorem výběru zimoviště. Tím budou spíše klimatické podmínky konkrétní jeskyně, avšak nelze opomenout určitou míru pravděpodobnosti, že vlivem návštěvnosti dochází k rušení hibernujících letounů.

Vypočtený ukazatel je třeba brát pouze jako orientační. Vychází z předpokladu, že se posuzování živočichové budou vždy nacházet na návštěvníky využívané trase. Přestože jsou posuzované jeskyně relativně málo prostorné, existuje i v rámci těchto jeskyní řada míst, které mohou druhům poskytovat alternativní úkryt. Nicméně ani to nezaručuje, že nebude docházet ke konfliktům ať fyzickým kontaktem nebo bezkontaktními podněty.

## **5.5 Zhodnocení antropogenních zásahů**

Provedenou analýzou složení odpadu jsem zjistil, že velká část odpadu byla tvořena předměty, které tvoří součást vybavení potřebného pro pohyb v jeskyni. Zajímavý, nikoli však překvapující je vysoký podíl kovu v odpadu. Ten je tvořen především hliníkovými obaly od svíček, které návštěvníci nechávají v jeskyni zapalují pro snadnější orientaci. Lze předjímat, že ve větším množství mohou mít hořící svíčky negativní vliv na jeskynní klima a tím i na zimující letouny, kteří jsou na relativně malé změny teploty citliví (Haarsma a de Hullu 2012). Rovněž nedopalky, které představovaly třetí početně nejvíce zastoupenou skupinu odpadu, svědčí o produkci rušivých emisí v jeskynním prostředí. Bylo prokázáno, že cigaretový kouř má insekticidní účinky, což může mít významnější efekt v uzavřených jeskynních prostorách (Howarth a Stone 1982).

Prvky vandalismu nebyly v průběhu výzkumu pozorovány. Na rozdíl od jeskyní



krasových nejsou zkoumané jeskyně tolik citlivé na geologické narušení (Bunting a Balks 2001). Přesto se však v některých částech objevují viditelné změny spojené s návštěvností, zejména opálená místa na stěnách, znečištění stěn, eroze a utužení sedimentu. Z tohoto hlediska je třeba poznamenat, že jeskyně jsou uzavřené prostory, ve kterých nedochází v takové míře ke změnám, jako u povrchových útvarů. Proto každý zásah do původního prostředí bývá často čitelný po mnoho let. S jistotou tedy nelze říci, v jakém období došlo k těmto zásahům, nicméně je jasné, že každý další zásah bude dlouhodobě znatelný.

## 6 Závěr

Průzkumem návštěvnosti jsem prokázal zvýšenou oblíbenost některých jeskyní v zájmovém území oproti ostatním. Ve vybraných jeskyních jsem provedl anketní šetření, které poukázalo na vysoký podíl komerční speleotistiky a zcela dominantní podíl zážitkové, adrenalinové turistiky. Analýzou návštěvnosti jsem rovněž poukázal na vysoký podíl návštěvnosti během hibernačního období letounů, což také představuje největší konflikt z hlediska ochrany přírody.

Seřazením jeskyní podle biotopové zranitelnosti jsem poukázal na to, že v některých hojně navštěvovaných jeskyních může docházet s vyšší pravděpodobností k nepříznivým vlivům na vybrané druhy živočichů.

Výsledky monitoringu mikrobiálního společenstva pomocí analýzy PLFA potvrzují signifikantní rozdíly mezi návštěvností ovlivněnou a neovlivněnou půdou, zejména v hodnotách bakterií. Velká variabilita mezi jednotlivými místy naznačuje, že mikrobiální společenstvo je také ovlivňováno řadou dalších faktorů, které nemusejí souviset s návštěvností jeskyně.

Další vlivy návštěvnosti, které jsem posuzoval, nepotvrdily devastaci nebo úmyslné poškozování jeskyní.

V práci jsem se pokusil využít maxima dostupných metod k posouzení vlivu návštěvnosti na prostředí jeskyní a následně provést hodnocení získaných dat pomocí nástrojů GIS. Výzkum jsem prováděl v jeskyních nekrasových, které nejsou tak citlivé na narušení návštěvností jako jeskyně krasové. Mohou tak sloužit jako základna pro ustanovení komplexnější metodiky pro posuzování vlivu návštěvnosti na jeskyně.

### 6.1 Návrh opatření

Z výsledků výzkumu vyplynulo, že zejména několik jeskyní vykazuje vysoký podíl návštěvnosti oproti jeskyním ostatním. V těchto jeskyních má rovněž vysoký podíl na celkové návštěvnosti jeskyně komerční cestovní ruch. Ten je zajišťován zprostředkovateli jak z ČR, tak i ze sousední SRN. Takovéto využití přírodně cenných míst a stanovišť je z etického hlediska velmi sporné. Zároveň se zde otevírá otázka přístupu orgánů OP k těmto aktivitám v ZCHÚ obecně. Zřejmá je také absence legislativních opatření, která problematiku rozvoje komerčních aktivit v ZCHÚ přímo neřeší

(Dvořák 2013).

Z předkládaných analýz vyplynulo, že hlavním problémem návštěvnosti může být zejména rušení hibernujících letounů v určitých jeskyních. To se týká především zimního období. I přes tuto skutečnost nepovažuji za vhodné provádět uzávěry vchodů, které představují citelný stavební zásah, který bývá navíc v daných podmínkách často obtížně realizovatelný. Rovněž lze předpokládat, že by došlo časem k prolomení uzávěry některými osobami, které by o to více vstupy do podzemí lákaly. Tomu také nasvědčují některé příklady z jeskyní obdobného charakteru, ve kterých byla uzávěra instalována (Sluka 2002).

V jistém smyslu tvoří výjimku jeskyně Lesní díra, která poskytuje svým charakterem příznivé podmínky pro existenci populace mloka skvrnitého, která může být ohrožena i velmi malou mírou návštěvnosti. V tomto případě doporučuji propastovitý vchod jeskyně ohradit plotovou zábranou s doplňující informací o charakteru jeskyně, která je z hlediska návštěvnické atraktivity poměrně nezajímavá.

Vhodným nástrojem ke zvýšení informovanosti o problematice návštěvnosti jeskyní mohou být například informační tabule. Zejména je pak třeba dostatečně poukázat na nevhodnost návštěv jeskyně v období zimování letounů a zdůraznění výjimečnosti jeskyní jakožto unikátních biotopů. Důležitá je v tomto případě také informovanost zaměřená na německé návštěvníky, kteří jak bylo prokázáno, mají většinový podíl na celkové návštěvnosti jeskyní v zájmovém území a lze předpokládat, že se zároveň příliš neorientují v české legislativě a prioritách ochrany přírody v ČR.

V souvislosti s geoturismem, do něhož lze návštěvnost jeskyní také zařadit, bylo na konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiro 1992 použito heslo „protection through usage and education“ neboli „užíváním a osvětou k ochraně“ (Kim et al. 2008), které by se rovněž mohlo stát základním konceptem ochrany jeskyní v zájmovém území. Důležitý je zejména rozvoj komunikace s návštěvníky ZCHÚ a definice jasných pravidel, která by minimalizovala negativní vlivy návštěvnosti na jeskynní biotu a prostředí.

## **7 Slovník použitých zkratek**

CHKO – chráněná krajinná oblast

CHÚ – chráněné území

ČR – Česká republika

ČÚZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

DTM – Digital Terrain Model

EVL – evropsky významná lokalita

GPS – Global Positioning System

IUCN – International Union for Conservation of Nature

KTEV – Katedra technických věd

NPR – národní přírodní rezervace

OP – ochrana přírody

OSN – Organizace spojených národů

PLFA – Phospholipid Fatty Acids

SRN – Spolková republika Německo

UJEP – Univerzita Jana Evangelisty Purkyně

VÚAnCH – Výzkumný ústav anorganické chemie

WNS – White-Nose Syndrome

ZABAGED – základní báze geografických dat

ZCHÚ – zvláště chráněná území

ZOPK – zákon o ochraně přírody a krajiny 114/1992 sb.

## 8 Seznam použité literatury

- ADAMOVIČ, Jiří, Radek MIKULÁŠ a Václav CÍLEK, 2010. *Atlas pískovcových skalních měst*. Praha: Academia.
- BAILEY, V. L., A. D. PEACOCK, J. L. SMITH a H. BOLTON, 2002. Relationships between soil microbial biomass determined by chloroform fumigation-extraction, substrate-induced respiration, and phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biology & Biochemistry* [online]. 9., roč. 34, č. 9, s. 1385–1389. ISSN 0038-0717. Dostupné z: doi:10.1016/S0038-0717(02)00070-6
- BALATKA, B. a J. KALVODA, 1995. Vývoj údolí Labe v Děčínské vrchovině. *Sborník ČGS*. s. 173–192. ISSN 1210-115X.
- BARTON, Hazel A., 2006. Introduction to cave microbiology: A review for the non-specialist. *Journal of Cave and Karst Studies*. č. 68, s. 43–53.
- BAUER, Petr, Karel STEIN a Vladislav KOPECKÝ, 2012. 40 let od vyhlášení CHKO Labské pískovce. *Ochrana přírody*. roč. 67, č. 3, s. 2–7.
- BELLMANN, Michael, 2010. *Der Höhlenführer*. Dresden: Heimatbuchverlag Michael Bellmann.
- BENDA, Pavel a Petr CHVÁTAL, 2011. Výsledky monitoringu zimujících letounů (Chiroptera) v rozsedlinových jeskyních kaňonu Labe v Labských pískovcích v letech 1995-2010. *Sborník Severočeského Muzea. Přírodní vědy*, s. 211–215.
- BLEHERT, David S., Alan C. HICKS, Melissa BEHR, Carol U. METEYER, Brenda M. BERLOWSKI-ZIER, Elizabeth L. BUCKLES, Jeremy T. H. COLEMAN, Scott R. DARLING, Andrea GARGAS, Robyn NIVER, Joseph C. OKONIEWSKI, Robert J. RUDD a Ward B. STONE, 2009. Bat White-Nose Syndrome: An Emerging Fungal Pathogen? *Science* [online]. 9.1., roč. 323, č. 5911, s. 227–227. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.1163874
- BLIGH, E. G. a V. J. DYER, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. roč. 37, s. 911–917.

- BODENHAMER, Hans, 1995. Monitoring Human-Caused Changes With Visitor Impact Mapping. In: *National Cave and Karst Management Symposium*. Spring Mill State Park, Indiana: Indiana Karst Conservanci, s. 28–37.
- BUNTING, B. W. a M. BALKS, 2001. A quantitative method for assessing the impacts of recreational cave use on the physical environment of wild caves. *ACKMA Journal*. roč. 44, s. 10–18.
- CATER, C. I., 2006. Playing with risk? participant perceptions of risk and management implications in adventure tourism. *Tourism Management* [online]. 4., roč. 27, č. 2, s. 317–325. ISSN 0261-5177. Dostupné z: doi:10.1016/j.tourman.2004.10.005
- CAUMARTIN, Victor, 1963. Review of the Microbiology of Underground Environments. *Bulletin of the National Speleological Society*. roč. 25, č. 1, s. 1–14. ISSN 0146-9517.
- CAVEDECLARATION.EU, 2008. *Písemné prohlášení o ochraně jeskyní jako kulturního, přírodního a enviromentálního dědictví* [online]. 9 2008. Dostupné z: [http://www.cavedeclaration.eu/downloads/wd\\_cs.pdf](http://www.cavedeclaration.eu/downloads/wd_cs.pdf)
- CIGNA, Arrigo, 2002. Modern trend in cave monitoring. *Acta Carsologica*. roč. 31, č. 1, s. 35–54.
- DRBALOVÁ, Pavla, 2009. *Analýza návštěvnosti jeskyní*. Jindřichův Hradec. Bakalářská práce. Katedra managementu veřejného sektoru Fakulty managementu VŠE v Praze.
- DVOŘÁK, Libor, 2013. *Stanovisko k výkladu §10 zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (ochrana a využití jeskyní)*. 8 2013. Osobní komunikace.
- ELLIOTT, William, 2000. Conservation of the North American cave and karst biota. In: Horst WILKENS, David CULVER a William HUMPHREYS, ed. *Subterranean Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, Ecosystems of the World, 30, s. 665–689. ISBN 0444822992.
- ESRI.COM, 2007. *GIS for Cave and Karst* [online]. Redlands: ESRI. Dostupné z: <http://www.esri.com/library/bestpractices/cave-karst.pdf>

FARKAČ, J., V. HANZAL a M. ŠKORPÍK, ed., 2005. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí*. Praha: AOPK ČR.

FEDERICI, E., M. A. GIUBILEI, T. CAJTHAML, M. PETRUCCIOLI a A. D'ANNIBALE, 2011. Lentinus (Panus) tigrinus augmentation of a historically contaminated soil: Matrix decontamination and structure and function of the resident bacterial community. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 28.2., roč. 186, č. 2-3, s. 1263–1270. ISSN 0304-3894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2010.11.128

FREITAS, Chris, 2010. The role and importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. *Acta Carsologica*. roč. 39, č. 3, s. 477–489.

HAARSMA, Anne-Jifke a Eva DE HULLU, 2012. Keeping bats cool in the winter: hibernating bats and their exposure to „hot" incandescent lamplight. *Wildlife Biology* [online]. 3., roč. 18, č. 1, s. 14–23. ISSN 0909-6396. Dostupné z: doi:10.2981/10-067

HALE, Elisabeth, 2007. Mapping visitor impacts with GIS at Oregon Caves. In: *National Cave and Karst Management Symposium: Proceedings of the 18th National Cave and Karst Management Symposium*. s. 233–244.

HOLEC, Michal, T. KADORA a D. HOLCOVÁ, 2010. Pavouci vybraných pískovcových jeskyní národní přírodní rezervace Kaňon Labe. *Studia OECOLOGICA*. roč. IV, č. 4, s. 153–158. ISSN 1802-212X.

HORÁČEK, Ivan, 1986. *Létající savci. Živou přírodou*. Praha: Academia. ISBN 21-015-86.

HOWARTH, G., 1981. The conservation of cave invertebrates. In: J. MYLROIE, ed. *First International Cave Management Symposium*. Kentucky: Murray State University College of Environmental Sciences, s. 58–64.

HOWARTH, G. a D. STONE, 1982. The conservation of Hawaii's cave resources. In: W. SMITH, ed. *Proceedings of the Fourth Conference in Natural Sciences Hawaii Volcanoes National Park*. s. 94–99.

HROMAS, J., ed., 2009. *Jeskyně*. Praha: AOPK ČR. Chráněná území ČR, XIV. ISBN 978-80-87051-17-7.

- HUTSON, A. M., M. P. SIMON a P. A. RACEY, ed., 2001. *Microchiropteran Bats: Global Status Survey and Conservation Action Plan* [online]. B.m.: IUCN. ISBN 2-8317-0595-9. Dostupné z: [http://www.iucnbsg.org/uploads/6/5/0/9/6509077/csg\\_microbatactionplan.pdf](http://www.iucnbsg.org/uploads/6/5/0/9/6509077/csg_microbatactionplan.pdf)
- CHLÁDEK, F., P. BENDA a M. TRÝZNA, 2000. *Troglophilus neglectus* Krauss, 1879 /Ensifera, Rhaphidophoridae/ v České republice. *Tetrix* [online]. roč. 5, č. 1. ISSN 1214-0961. Dostupné z: <http://www.volny.cz/tetrix.tetrix/T5.htm>
- JURADO, Valme, L. LAIZ TROBAJO, Verónica RODRÍGUEZ NAVA, Patrick BOIRON, Bernardo HERMOSIN, Sergio SÁNCHEZ MORAL a Cesareo SAIJ-JIMENEZ, 2010. Pathogenic and opportunistic microorganisms in caves. *International Journal of Speleology*. roč. 39, č. 1, s. 15–24.
- KALVODA, Jan a Jiří ZVELEBIL, 1989. Vývoj skalních svahů a pseudokrasových jeskyní údolí Labe v Děčínské vrchovině. In: 2. *symposium o pseudokrasu*. Praha: Česká speleologická společnost, s. 112–122.
- KAUR, A., A. CHAUDHARY, A. KAUR, R. CHOUDHARY a R. KAUSHIK, 2005. Phospholipid fatty acid - A bioindicator of environment monitoring and assessment in soil ecosystem. *Current Science*. 10.10., roč. 89, č. 7, s. 1103–1112. ISSN 0011-3891.
- KIM, Samuel Seongseop, Miju KIM, Jungwoong PARK a Yingzhi GUO, 2008. Cave Tourism: Tourists' Characteristics, Motivations to Visit, and the Segmentation of Their Behavior. *Asia Pacific Journal of Tourism Research* [online]. 9., roč. 13, č. 3, s. 299–318 [vid. 12. květen 2013]. ISSN 1094-1665, 1741-6507. Dostupné z: doi:10.1080/10941660802280448
- KUKLA, Jaroslav, 2013. 100 let od prvních sestupů do jeskyní v kaňonu Labe. *Děčínské vlastivědné zprávy*. roč. XXII, č. 2, s. 48–51.
- LANDESANGLERVERBAND-SACHSEN.DE, 2007. *Sächsisches Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege* [online]. 3. červenec 2007. Dostupné z: <http://www.landesanglerverband-sachsen.de/pdf/SaechsNatSchG.pdf>
- LINDNER, Daniel L., Andrea GARGAS, Jeffrey M. LORCH, Mark T. BANIK, Jessie GLAESER, Thomas H. KUNZ a David S. BLEHER, 2011. DNA-based detection of the



fungal pathogen *Geomyces destructans* in soils from bat hibernacula. *Mycologia* [online]. 4., roč. 103, č. 2, s. 241–246. ISSN 0027-5514. Dostupné z: doi:10.3852/10-262

LOBO, Heros, José PERINOTTO a Paulo BOGGIANI, 2011. Tourist carrying capacity in caves Main trends and new methods in Brazil. In: *ISCA 6th Congress Proceedings*. s. 108–115. ISBN 978-80-89310-59-3.

MARWAN, Norbert, 1997. Besucherströme in der Räuberhöhle. *Spektakel*. roč. 1, č. 1, s. 6–8.

MITCHELL-JONES, Tony, Zoltán BIHARI, Matti MASING a Luísa RODRIGUES, 2010. *Ochrana a management podzemních lokalit významných pro netopýry*. Eurobats č. 2. Praha: Ministerstvo životního prostředí. ISBN 978-80-7212-542-5.

MLEJNEK, R. a V. OUHRABKA, 2008. Poseidon – unikátní pseudokrasový systém v kvádrových pískovcích Teplických skal. In: *Speleofórum 2008*. Praha: ČSS, s. 32–43.

MOORE-KUCERA, Jennifer a Richard P. DICK, 2008. PLFA profiling of microbial community structure and seasonal shifts in soils of a Douglas-fir chronosequence. *Microbial Ecology* [online]. 4., roč. 55, č. 3, s. 500–511. ISSN 0095-3628. Dostupné z: doi:10.1007/s00248-007-9295-1

NATURE.CZ, 2006. Seznam lokalit. *Evropsky významné lokality v ČR* [online] [vid. 17. červen 2013]. Dostupné z: [http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000071088](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000071088)

NORTHUP, Diana E. a Kathleen H. LAVOIE, 2001. Geomicrobiology of Caves: A Review. *Geomicrobiology Journal*. roč. 18, č. 3, s. 199–222. ISSN 01490451.

OKONIEWSKI, Joseph, John HAINES, Alan HICKS, Kate LANGWIG, Ryan VON LINDEN a Christopher DOBONY, 2010. Detection of the Conidia of *Geomyces destructans* on Bats in Northeast Hibernacula, at Maternity Colonies, and on Gear. In: *2010 WNS Symposium*.

PANOŠ, Vladimír, 2001. *Karsologická a speleologická terminologie*. Žilina: Knižné centrum. ISBN 80-8064-115-3.

PÁSKOVÁ, Martina, 2009. *Udržitelnost rozvoje cestovního ruchu*. Vyd. 2. B.m.: Gaudeamus.

PÁSKOVÁ, Martina a Josef ZELENKA, 2002. *Výkladový slovník cestovního ruchu*. B.m.: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR.

PLESNÍK, J., V. HANZAL a L. BREJŠKOVÁ, ed., 2003. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Obratlovci*. Praha: Příroda. ISBN 80-86064-33-6.

POKORNÝ, Richard a Jakub VRABEC, 2011a. Malakozoologický výzkum sedimentů ve vybraných pseudokrasových jeskyních ústeckého kraje. *Studia OECPLOGICA*. roč. V, č. 2, s. 41–43. ISSN 1802-212X.

POKORNÝ, Richard a Jakub VRABEC, 2011b. Osteologický průzkum vybraných jeskyní Ústeckého kraje v kontextu závěru posledního glaciálního cyklu. *Sborník Oblastního muzea v Mostě, řada přírodovědná*. č. 33, s. 3–14. ISSN 1214-2573.

PUECHMAILLE, Sébastien J., Winifred F. FRICK, Thomas H. KUNZ, Paul A. RACEY, Christian C. VOIGT, Gudrun WIBBELT a Emma C. TEELING, 2011. White-nose syndrome: is this emerging disease a threat to European bats? *Trends in Ecology & Evolution* [online]. roč. 26, č. 11, s. 570 – 576. ISSN 0169-5347. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.013>

SHELLEY, Virginia, Samantha KAISER, Elizabeth SHELLEY, Tim WILLIAMS, Marcelo KRAMER, Katie HAMAN, Kevin KEEL a Hazel A. BARTON, 2013. Evaluation of strategies for the decontamination of equipment for *Geomyces destructans*, the causative agent of White-Nose Syndrome (WNS). *Journal of Cave and Karst Studies* [online]. 4., roč. 75, č. 1, s. 1–10. ISSN 1090-6924. Dostupné z: doi:10.4311/2011LSC0249

SCHLEGEL, B., 1910. *Die Sächsische Schweiz*. Griebens Reiseführer 1910-1911. Berlin: Goldschmidt.

SLUKA, L., 2002. Jeskyně pod Troskami -II. *Rajnet.cz - Regionální zpravodajský server* [online] [vid. 13. červenec 2013]. Dostupné z: <http://rajnet.cz/web/zobraz.asp?id=303>

SPEAKMAN, J., P. WEBB a P. RACEY, 1991. Effects of disturbance on the energy-expenditure of hibernating bats. *Journal of Applied Ecology* [online]. 12., roč. 28, č. 3, s. 1087–1104. ISSN 0021-8901. Dostupné z: doi:10.2307/2404227

THOMAS, D., 1995. Hibernating bats are sensitive to nontactile human disturbance. *Journal of Mammalogy* [online]. 8., roč. 76, č. 3, s. 940–946. ISSN 0022-2372. Dostupné z: doi:10.2307/1382764

THOMAS, D., M. DORAIS a J. BERGERON, 1990. Winter energy budgets and cost of arousals for hibernating little brown bats, *Myotis lucifugus*. *Journal of Mammalogy* [online]. 8., roč. 71, č. 3, s. 475–479. ISSN 0022-2372. Dostupné z: doi:10.2307/1381967

TOMIKOVÁ, Miloslava, 2001. *Vybrané aspekty udržitelného turismu v národním parku České Švýcarsko a v jeho zázemí*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.

TROMMLER, Marco a Elmar CSAPLOVICS, 2006. Geoinformationsnetzwerke für die grenzüberschreitende Nationalparkregion Böhmis ch-Sächsische Schweiz. In: *Agit25 Symposium und EXPO Angewandte Geoinformatik* [online]. Salzburg. Dostupné z: [http://www.agit.at/php\\_files/myAGIT/papers/2006/5476.pdf](http://www.agit.at/php_files/myAGIT/papers/2006/5476.pdf)

VESELÝ, Miroslav, 1996. Speleologie na Děčínsku. *Děčínské vlastivědné zprávy*. roč. VI, č. 4, s. 16–22.

VESELÝ, Miroslav, 2008. Kosterní nález medvěda hnědého v Pytlácké jeskyni u Labské stráně. *Děčínské vlastivědné zprávy*. roč. 18, č. 2, s. 69–78.

VYHLÁŠKA O NPR KAŇON LABE, 2010. *Vyhláška ze dne 4. května 2010 o vyhlášení Národní přírodní rezervace Kaňon Labe a stanovení jejích bližších ochranných podmínek*. 2010.

WINKELHÖFER, Roland, 1997. *Durch Höhlen der Böhmischen Schweiz: Höhlenführer und Katasterdokumentation*. B.m.: Der Höhlenforscher.

WINKELHÖFER, Roland, 2001. Das Höhlenbuch in der Freundschaftshöhle/Böhmische Schweiz - eine statistische Auswertung von 1980 bis 2000. *Der Höhlenforscher*. roč. 33, č. 1, s. 4–13. ISSN 0138-2519.

WYNNE, J. a P. WILLIAM, 2005. Sensitive ecological areas and species inventory of Actun Chapat Cave. *Journal of Cave and Karst Studies*. roč. 67, č. 3, s. 148–157.

ZÁKON Č. 114/1992 SB., 1992. *Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny*. 1992.

ZVÁROVÁ, Jana, 2004. *Biomedicínská statistika*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7184-786.

## **9 Přílohy**

**Příloha č. I Grafy kvantifikace návštěvnosti**

**Příloha č. II Výsledky anketního šetření (grafy a tabulka)**

**Příloha č. III Dotazník**

**Příloha č. IV Výsledky analýzy PLFA**

**Příloha č. V Mapové podklady**

**Příloha č. VI Plány jeskyní**

**Příloha č. VII Fotografická příloha**